

**S C I E N Z A**  
**D E L L A**  
**N A T U R A**  
**G E N E R A L E**  
**D E L**

**P. D. GIO: MARIA DELLA TORRE**  
**C. R. S O M A S C O**

Professore di Fifica nel Liceo Arcivescovile, e Membro  
dell' Accademia Reale Napoletana.

**PARTE PRIMA.**



**I N V E N E Z I A**  
**M D C C L.**

---

**P R E S S O G I O : B A T T I S T A R E C U R T I**  
**C O N L I C E N Z A D E S U P E R I O R I , E P R I V I L E G I O .**

# ARJUN

Bayerische  
Staatbibliothek  
München



## P R E F A Z I O N E .

I.



Umano sapere tutto si raggira intorno alle due diverse sostanze, che noi troviamo aver l'essere, e proprietà distinte una dall'altra, come dagli effetti, che queste producono andiamo argomentando. La prima di tali sostanze è quella, che sperimentiamo in noi stessi chiamata *Spirito*, *Mente*, o *Anima ragionevole*, per mezzo della quale pensiamo, o vogliamo qualche cosa, e ci determiniamo ad operare. Di questa, delle sue proprietà, e operazioni, che produce, noi siamo convinti coll'*intimo sentimento*, detto da' Filosofi *coscienza interiore*, o pure *sperienza interna*. Vasto è il campo, che abbraccia questa parte di umana dottrina, quale meritamente può dirsi *La Scienza della Ragione*. Imperocchè se dà le regole per ben giudicare, e discorrere delle cose, vien detta *Logica*, se parla principalmente della natura di nostra mente, e quindi per analogia delle altre sostanze spirituali, la chiamano *Metafisica*; se discorre delle operazioni nostre relativamente ai doveri, che abbiamo con Dio, *Morale Teologica*, o *Divina*, se parla de' doveri verso noi stessi, i domestici, e gli altri uomini co' quali in società viviamo,

le

le han dato il nome di *Morale umana*. Queste due specie di Morale presuppongono alcune *Leggi* date agli uomini, che loro servono di regola per operare, le quali se sono stabilite da' Ministri di Dio, la disciplina, che tratta di queste vien detta *Legge Canonica*; Ma se queste leggi le hannò imposte altri uomini saggi, e di autorità sopra gli altri per lo buon governo della Società, si chiama *Scienza Civile*, o *Criminale*. Lungo sarebbe il voler numerare tutte le parti di questa Scienza della Ragione, e non conveniente al nostro Istituto.

2. Non minore della prima e l'estensione di quella parte di umana scienza, che tratta della seconda specie di sostanze, che attualmente troviamo essere *estese, resistenti, e mobili*; chiamati *Corpi*, o *sostanze materiali*. Quella disciplina, che tratta di esse è stata meritamente detta *Fisica*, o *Scienza della Natura*. Quante sono le proprietà, o affezioni de' corpi, quanta è la diversità de' medesimi in questo vasto sistema di cose, tante altresì sono le diverse parti, che compongono la scienza naturale. E siccome l'interna sperienza è quella per mezzo della quale discorrer possiamo con fondamento dell'essenza, e attributi degli spiriti; così nella scienza Fisica l'unico mezzo per iscoprire la natura, e proprietà de' Corpi deve essere l'*Esperienza esteriore*. Acciocchè possiamo formar giusta idea della nostra mente bisogna, che entriamo in noi stessi, col mezzo della *Riflessione*, e vediamo ciò che in noi accade cotidianamente. Non così però avviene se contemplar vogliamo le sostanze corporee, dobbiamo uscir da noi stessi; servirci del mezzo de' *Sensi*, co' quali esaminiamo ciò che accade fuori di noi. Per formar l'idea degli Spiriti, ci appartiamo da tutti, per entrar in noi stessi, e impediamo più che è possibile le impressioni degli oggetti esteriori. Se con questo modo volessimo esaminar la natura de' Corpi, saremmo di essi perfettamente all'oscuro.

3. Nell'esame, che da noi si fa di questi possiamo considerare semplicemente quella proprietà a tutt'i corpi comune, che è di *aver parti*; e in questo caso si forma una scienza particolare, detta comunemente *Matematica universale*, *Algebra*, ovvero *Analisi*; il di cui scopo è contemplare la *Quantità*, cioè tutto quello, che si concepisce di parti composto. Si può inoltre contemplare ciò che ha parti una fuori dell'altra, che

che si chiama *esteso*, e allora nasce la *Geometria*. Così ancora se queste parti si concepiscono da noi, attualmente esistenti, e separate una dall'altra, onde perciò si possono numerare, vien formata allora la *Scienza de' Numeri*, detta comunemente *Aritmetica*. Quando poi il nostro pensiero si ferma a ponderare le parti separate tra loro, ma che una all'altra succede, e perciò variano luogo, o si muovono, facciamo in tal caso la *Scienza del Moto*, che si chiama *Meccanica*. Ecco in qual maniera per mezzo di moltissime contemplazioni è nata la *Matematica universale* e le sue tre Parti cioè *Geometria*, *Aritmetica*, e *Meccanica*. Scopo della Matematica generale è il considerare la *Quantità*, o pure questa comune affezione de' corpi di aver parti; scopo della *Geometria* è di contemplare la *Quantità continua*, della *Aritmetica* la *Discreta*, della *Meccanica* la *Successiva*.

4. Quindi si ricava la necessità, che ha la *Fisica* di servirsi delle *Matematiche*, per esaminare con sicurezza la natura de' *Corpi*, e gli effetti da essi prodotti col mezzo dell' *Esperienze*. Tutto quello, che operano i *Corpi*, lo fanno coll'ajuto delle parti delle quali vengono dotati, e che formano la loro *Essenza*. So che molti *Autori* per dimostrare la necessaria connessione della *Matematica* colla *scienza naturale* si servono di particolari argomenti; Ma questi devono ricavarfi dallo scorrere ciascuna parte della medesima, nè sono universali. Questa necessità si conferma di fatto considerando la *scienza della natura* dalla sua prima origine, fino a' tempi presenti. Quando la *Fisica* regnò tra' *Greci*, ed *Alessandrini*, siccome la univano con le *Matematiche* fece ancor nascente progressi di considerazione specialmente nelle *Scuole* di *Democrito*, e di *Epicuro*. Passata poi fin dal secolo settimo dopo la nascita del Redentore nelle mani degli *Arabi*, e vestitasi nel secolo undecimo l'abito delle *Scuole* in vece di sempre più avanzarsi, deteriorò molto di condizione, perchè que', che la professavano, non curarono più le *Matematiche* discipline; riputando bene spesso dati alla *Magia*, que' che ne facevano studio. Ma dopo che *Galileo Galilei Fiorentino* verso il fine del secolo decimo sesto tornò di nuovo a riunire insieme queste due scienze indivisibili, si vide rifiorire la *Fisica*, che ora si trova coll'industria de' suoi seguaci, sto per dire al suo supremo grado avanzata.

5. Vista l'origine delle Matematiche discipline ; e lo stretto legame , che hanno colla scienza naturale de' Corpi , resta ora di dare un breve saggio delle parti , che la compongono . Sul bel principio si propongono i Fisici di esaminare le Proprietà prime de' Corpi , cioè la loro *Estensione* , *Resistenza* , e *disposizione a muoversi* ; quindi passano a trattare delle proprietà seconde , di quelle cioè , che nascono dalle prime , come il *caldo* , il *freddo* , la *fluidità* , la *durezza* , la *mollezza* , e le molte altre , per mezzo delle quali son prodotti i maravigliosi effetti , che tutto giorno vediamo . Così compiscono la prima parte di *Fisica* , che vien detta *Generale* .

6. Nella *Fisica particolare* danno un breve saggio della natura de' corpi particolari , e fanno dirò così un compendio di molte Scienze , ciascuna delle quali da per se sola potrebbe stare . In questa parte adunque parlano della terra dove esaminando ciò , che nelle sue viscere si contiene , spiegano i Principj della *Chimica* . Quindi passando ai corpi , che sono sulla superficie trattando delle Piante si fanno strada alla *Botanica* , dell' Uomo all' *Anatomia* , degli Animali alla *Zoologia* ; toccano anche i principali fondamenti del *Trattato delle acque* , *Idrografia* , e di quello dei *Monti* . Scorrendo poi nella regione dell' Aria insegnano l' *Aerometria* , le *Meteorologie* , l' *Ottica* , o trattato della Luce , e l' *Acustica* , o *Musurgia* del suono . Dalla terra salgono a contemplare i Corpi celesti , e il loro moto , e così coll' *Astronomia* conchiudono il Trattato dei Corpi particolari racchiusi in questo vasto spazio , che noi Mondo chiamiamo . Ecco diciferata l'origine delle Scienze tutte , che derivano dai due copiosi fonti dell' umano sapere , cioè dalla *Scienza della Ragione* , e da quella della *Natura* . Con ciò si vede ancora in un solo prospetto lo stretto vincolo , che passa fra tutte le scienze , per mezzo del quale una riceve maggior lume dall' altra .

7. Quantunque dalle cose finora dette appaja manifestamente , che per ben trattare de' Corpi sia necessaria una lunga serie di sperienze , e osservazioni , dalle quali coll' ajuto delle Matematiche devono ricavarli le Affezioni , che hanno , per poi spiegarne gli effetti ; ciò non ostante l'ingegno umano , che è vario , e ansioso al sommo di penetrare con poca fatica negli arcani della natura , ha tentato varie strade , ideandosi così poter giugnere facilmente al suo intento ,

8. A tre ridur si possono i *Metodi* finora tenuti dai Filisici per stabilire i veri Principj della loro scienza, e farne l'applicazione. Il primo lo chiamerò *Ideale*, il secondo *Verisimile*, il terzo *Reale*. Chiamo Metodo *Ideale* quello di alcuni Filosofi, che si appoggiano solamente sopra la possibilità delle cose, e quindi si fingono realmente esistente quello, che è una pura nostra idea, o maniera di concepir qualche cosa. Dico *Verisimile* l'ordine, che altri tengono di fingersi qualche Ipotesi, o causa degli effetti apparente, che non dipende, se non dalla nostra immaginazione. Il terzo Metodo, che è il *Reale*, lo adoperano que' Filosofi, i quali consultando l'esperienze, e osservazioni fatte da molti de' più accreditati, e quindi ricavano le vere proprietà de' Corpi, e il lor modo di operare, ajutati non dal possibile, o dalla immaginazione, ma dalle sode cognizioni, e Metodo dei Matematici. Tutte tre queste maniere di parlare delle cose naturali sono state adoperate da' Filosofi d'ogni tempo, e di nazioni diverse, come si ricava dalla Storia della Filosofia.

9. Tre sono gli stati ne' quali si può considerare la Fisica, e le dottrine filosofiche. Il *primo* comincia dal principio del Mondo; abbraccia tutto il Regno de' Greci, e arriva fino verso il fine del secolo sesto dalla fondazione di Roma, accaduta nel 752. avanti la nascita del Redentore. Il *secondo* ha principio dal secolo settimo di Roma, e si stende fino al secolo decimoquarto dopo la venuta di Cristo. Il *terzo* comincia da questo tempo, e arriva fino al nostro secolo decimo ottavo, in cui siamo.

10. Nella prima età della Filosofia se consideriamo *gli uomini avanti il diluvio*, che accadde nel 1656. dopo il Mondo creato, questi si applicarono più tosto, e molto rozzamente alle verità pratiche, che riguardano la felicità del genere umano tanto concernente a' doveri dell' uomo, che all' esercizio delle arti necessarie alla vita; di quello che facessero studio profondo per investigare le ragioni delle cose. Se riflettiamo alle Nazioni dette da' Greci *Barbare*, come erano nell'Oriente gli Ebrei, i Caldei, i Persiani, gl' Indiani, gli Arabi, ed i Fenici; verso il Mezzo giorno gli Egiziani, e gli Etiopi; all' Occidente i Galli, i Britannici, i Tedeschi, e i primi Romani; verso il Settentrione gli Sciti, i Traci, e i Geti, tra queste Nazioni troviammo certamente molto più avanzate, che prima del diluvio le cognizioni concernenti alle sostan-

ze spirituali, e corporee; ma la loro Filosofia fu al parere de' dotti una serie di dottrine separate, che passavano per tradizione senza farne un esame rigoroso. Si aggiunge a questo l'incertezza di alcune dottrine, per la dubbia Storia che abbiamo di questi tempi tanto da noi lontani,

11. Quindi la vera origine della Filosofia la dobbiamo ai Greci, i primi sapienti de' quali per accomodarsi al naturale di quella nazione sul principio assai rozza, e dedita alle dottrine oscure, e recondite, coprirono le verità ricevute da' barbari sotto Favole, e Allegorie, onde nacque la Filosofia Mitologica, e Politica. Ma col progresso del tempo altri saggi uomini tra' Greci, ridotte in buon ordine varie dottrine raccolte di quà, e di là, cominciarono a formare alcune parti della Filosofia, e stabilire fondati Sistemi. Tra questi il primo, che cominciò a formare Sistema specialmente in Fisica fu Talete, capo della Setta chiamata *Jonica* nato a Mileto nella Grecia l'anno 634. avanti Cristo. Questi seguì più tosto il secondo Metodo di filosofare del *verisimile*; perchè stabilì come primo elemento di tutti i corpi l'acqua, esaminando con probabile ragione le cose tutte naturali, nella composizione delle quali sensibilmente si vede entrar l'acqua. Seguì l'ordine di Talete Anassimene, Anassimandro, e più di tutti Anassagora con molti altri, che furono della Setta Jonica. Il Metodo *Ideale* fu molto coltivato da Platone, che formò la Setta degli *Accademici* nato in Atene l'anno 426. avanti l'Era Cristiana. Questi concepì la materia de' corpi, come un astratto soggetto di tutti gli accidenti, ma essa senza alcuna qualità, e distinto,

12. Quegli poi tra i Greci, che unì insieme con qualche frutto tutti e tre questi Metodi di discorrere fu Aristotele nato in Stagira Città della Tracia l'anno 386. prima del Salvatore. I suoi seguaci furono chiamati Peripatetici, per l'uso frequente, che faceano di discorrere in materia di Filosofia, più che altre Sette avessero fatto. Seguì Aristotele per lo più il Metodo Ideale, mischiandovi anche il verisimile ne' quattro Libri di Fisica, che abbiamo di lui, e in quelli che hanno per titolo *Parva Naturalia*; l'ideale poi interamente, negli otto Libri *De Physico Auditu*. Ma ne' nove Libri della Natura degli Animali, e ne' quattro delle loro parti, e ne' cinque della generazione si servì del Metodo Reale, come anche nelle Sezzioni trentotto dove scioglie molti Problemi, e ne' quattro Libri

bri dalle Meteore; sebbene molte cose non vere abbia scritto in questi Trattati, perchè non sono fatica da addossarsi a un solo Autore. Si vede però da questi ultimi Libri, e dalle Questioni Meccaniche, che fa separatamente aver Aristotele seguito in parte nella Fisica il vero Metodo di ragionare della natura de' Corpi.

13. Nella seconda età della Fisica, dal secolo settimo, dalla fondazione di Roma fino al secolo decimo quarto, dell' Era nostra, gli Arabi, o Saraceni risuscitarono la Filosofia Peripatetica, e altri risvegliarono diverse di quelle Sette, che abbiamo già numerate tra' Greci. Finalmente nel secolo duodecimo comparvero in scena gli Scolastici, che l' Aristotelica Filosofia interpretando, tutta la rivoltarono al loro ideale sistema. Per nome di Scolastici s' intese in questo secolo tutti quelli, che furono condotti con stipendio, o obbligati di educar i giovani nelle Scienze. L' Istoria degli Scolastici diffusamente si vede trattata da Adamo Tribbecovio nel Trattato delle Dottrine Scolastiche ristampato a Jena nel 1719. dall' Eumanno, eda Giacomo Bruchero nel tomo terzo dell' Istoria Critica Filosofica.

14. La Terza Età vide sul principio risorgere il buon gusto della Fisica, ma non fece questa molti avanzamenti, che dal secolo decimosesto sino al presente. Manuele Crisolora nato in Costantinopoli, benchè originario di Roma, fu il primo, che nel 1387. cominciò ad introdurre il genio della lingua Greca in Italia, che poi passò negli altri Paesi di Europa; onde intrapresero i Dotti a far esatte traduzioni degli Autori Greci, specialmente Filosofi, e in questa forma spogliati molti della barbarie introdotta dagli Scolastici si esposero fedelmente i pensieri degli antichi Greci Filosofi. Quindi insorse Nicola Leonico Tomeo nato in Venezia nel 1457. Pietro Pomponazio di Mantova nel 1462. Agostino Nifo suo emolo, Francesco Piccolomini in Siena, l' anno 1520. Daniele Barbaro nato in Venezia nel 1529. e molti altri, che tutti si impiegarono a far risorgere le vere sentenze di Aristotele non Arabo Scolastico, ma Greco. Il primo però che facesse risorgere la Fisica fu Bernardino Telesio nato in Cosenza del Regno di Napoli l' anno 1508. Questi avendo osservato il poco frutto, che apportava la Filosofia di Aristotele, intraprese ad esporre quella di Parmenide da molto tempo sepolta. Seguì perciò molto il Metodo Reale, ma frammischiato ancor molto del verisimile ammettendo tre Principj di tutte le cose, due incorporei ma operanti cioè il caldo, e il freddo, uno inattivo che è la materia. Fiorì con-

temporaneo a Telesio, Girolamo Cardano, nato in Pavia nel 1508. e morto prima di esso nel 1576. successe a questo Giordano Bruno da Nola, fiorito nel 1582. verso il fine della vita di Telesio. Amendue portati dal loro caldo temperamento seguirono i trasporti della Fantasia, e un misterioso modo di ragionar delle cose. Quegli però, che diede miglior faccia alla Fisica, seguendo la scorta de' sensi, o l'esperienza, fu Francesco Bacone, Baron di Verulamio nato in Inghilterra nel 1571. come apparisce dalle varie sue opere naturali, e Tommaso Campanella, che nacque in Calabria nel 1568. e vestì l'abito di S. Domenico assai giovane. Non minor lode di questi si acquistò nel riformare la Fisica Tommaso Obbes nato a Carlstat in Inghilterra nel 1588. come apparisce dal suo Libro *De Corpore*, che diede alla luce nel 1655.

15. Ma quei, che più di tutti riformò la Fisica fu Galileo Galilei nato in Pila nel 1564. Questi oltre il metodo reale, che seguì con parlare delle proprietà de' corpi per mezzo dell'esperienze fu il primo, che applicò con frutto la Meccanica, e le Matematiche alla considerazione de' Corpi. Nè minor avanzamento fece la Fisica, e più l'Astronomia nel tempo stesso per opera di Giovanni Keplero nato a Vila nel Ducato di Virtenberg l'anno 1571. Dopo che questi due primi lumi della Fisica rischiararono il metodo, che si dovea tenere, sorsero molti altri, che diedero nuovo lume a questa Scienza. Pietro Gassendo nato in una piccola Città del Vescovato di Dignes nel 1592. si pose a riformare la Fisica di Democrito, e di Epicuro. Renato Cartesio nato all'Aja in Turena l'anno 1596. appoggiandosi molto al Metodo del Verisimile si fece Autore di un nuovo Sistema in Fisica, ma nel tempo stesso diede molti lumi, e somministrò a' Fisici occasione di pensare alla vera natura delle sostanze corporee. Seguaci e Uditori di Gassendo furono molti, tra i quali Francesco Bernier, e Michele Neureo. A questi si devono aggiungere Gualtieri Charleton Inglese, Volfredo Senguérdo, e Stairio, che seguì in parte il Gassendo, e in parte il Cartesio. Quei poi che seguirono il Cartesio, o la maggior parte delle sue dottrine furono tra più celebri il Mariotte, Giacomo Roault, Pietro Silvano Regis, Nicolò Mallebranche, Antonio de Grand e molti altri. Gotredo Guglielmo Leibnizio nato in Lipsia nel 1646. seguì alcune sentenze di Cartesio non ammettendo come esso alcun luogo voto, e ponendo i Vortici, e la Materia so-

tile; nel resto però de' suoi Principj Fisici seguì un Sistema perfettamente ideale, o vogliam dire le dottrine Scolastiche con nuove parole, e metafore adornate. Ma que' che tra i Moderni seguì più di tutti il vero Metodo di ragionare de' corpi fu Isacco Newton nato in Cambrigde nel 1642. questi lasciate da parte tutte le idee de' possibili, e ciò che ha solo del verisimile, si applicò tutto alle sperienze, e osservazioni, cavando da queste colla guida della più sublime Geometria la vera costituzione della materia de' corpi, e spiegandone maravigliosamente i loro effetti. Comparve il suo libro dei Principj Matematici della Filosofia naturale per la prima volta l'anno 1687. e il suo compiuto sistema di Ottica non prima si vide perfezionato, che l'anno 1704. in Inglese. Finalmente dopo varie altre Opere date alla luce di Algebra, e Cronologia cessò di vivere nel 1727. Molti seguaci ebbe nella sua maniera di ragionare, tra i quali Guglielmo Giacomo Gravesande, David Gregori, Samuel Clarke, Giorgio Keine, Errico Pemberton, Giovanni e Giacomo Keil, Pietro Musschenbroek, e tutti que', che si dilettono di esaminare non quel che può, ma quello che veramente opera la Natura.

16. Dato un breve saggio de' Metodi adoperati dalli Filosofi d' ogni tempo, resta ora, che qualche cosa stabiliamo intorno a questi, e se possano, e come devono adoperarsi nell'esame de' Corpi naturali. Quanto al Metodo *ideale* ognuno ben volentieri accorda, che non deve aver luogo dove si tratta di proprietà reali de' corpi; ma quando poi siamo alla pratica, molti ci sono, che lo adoperano, e pretendono, che senza questo non si possa ben fondatamente discorrer de' corpi. Quattro a mio credere sono le più generali, e comuni cause di questo. Il *natural desio di sapere*, il *Possibile*, l'*Idee Astratte*, le *Voci*. La strada delle Esperienze, e Osservazioni naturali è piena di molte difficoltà, assai lunga, e tediosa, nè opera di un sol Filosofo, o di una età solamente. Dall'altra parte la Mente umana è naturalmente desiderosa di sapere, e fare spicco in poco tempo di ciò, che ha studiato. Quindi è, che tediandosi di dover molto aspettare a decidere della natura delle cose, supplisce alla realtà delle medesime col formarli sistemi ideali, e chimerici. Il freno però di quest'innato desiderio deve essere il pensar, che se bene non possiamo arrivare a formare un compiuto sistema de' corpi, ciò non ostante il piacere che si

ha

ha nel vedere, e ammirare la tanta varietà di effetti naturali, abbastanza compensa il dispiacere di non poterli perfettamente comprendere. Quel poco almeno, che sapremo sarà ben fondato, e reale.

17. Quanto alla seconda cagione credono gli uomini per lo più, che la Filosofia sia la Scienza de' Possibili come tali, e suppongono essere principat incombenza di un Filosofo lo stabilire i limiti del Possibile, ed Impossibile. Ma in ciò conviene distinguere due sorte di effetti; quelli che nascono da una sola, o al più tre, o quattro cagioni costantemente, e quelli che dipendono da una molteplicità di cause la più parte incerte, e incostanti; e che diciamo *effetti accidentali*, a differenza de' primi, chiamati *necessarij*. La Etica si occupa tutta nell' esaminare la prima specie di effetti. Quella parte poi di Morale umana, che insegna la maniera di conoscere il naturale degli uomini, e la maniera di portarsi con loro per lo più si appoggia sopra eventi non intieramente certi, e sicuri. Ora in questa sorta di Scienza deve aver in parte luogo la dottrina de' possibili, non già per fermarsi sopra di questi, ma per quindi passare a ciò che è più verisimile. L'entrare a discutere ciò, che è Possibile, o Impossibile non deve aver luogo ove si tratta di effetti determinati, e di nostra mente, che non comprendendo l'intima natura delle cose, nè sapendo tutte le combinazioni possibili delle medesime, deve ricavare il vero solamente da ciò che vede. La Mente è limitata, nè può godere del privilegio di una mente infinita, che è di possedere una Scienza perfetta, e senza alcun limite. Questa è stata una delle principali cagioni, per le quali è restata la Fisica molti secoli sterile di conseguenze, nè ha potuto avanzarsi, come a tutti è ben noto dalla storia della Filosofia. Né minor danno ha ricevute da questi Possibili la Scienza della Teologia, nella quale dovendosi ricavare tutte le dottrine sulle quali si fonda la nostra credenza, dalla S. Scrittura, dalla Tradizione non interrotta da' Canonj de' Concilj Generali, dalla voce viva de' Pontefici, che spiegano il vero senso de' Misterj della Fede, e dalla conforme Dottrina di più SS. Padri; per averci i Teologi Scolastici mischiate molte questioni intorno a' Possibili, si confusero queste in maniera tale con i Dogmi della Chiesa, che non stentò poca fatica il Concilio di Trento a separarle. Perciò la regola sicura da praticarsi contro questa specie di Filosofi, che vanno in traccia di tutto ciò, che è possibile, sarà di conceder loro francamente, *che tutto è possibile, se*

*se riguardiamo la limitazione di nostra mente, e la Potenza di Dio, che è infinita; ma noi non cerchiamo quello, che è possibile, ma ciò, che è di fatto.*

18. Due altri abbiain detto essere i fonti del Sistema ideale, cioè l' *Astrazione*, e i *Vocaboli*. Dopo, che la nostra mente dalle impressioni fatte su i sensi, si è fornita di molte idee degli oggetti esterni, le paragona insieme, e trovandone alcune, che tra loro convengono in qualche proprietà, quando vuol pensare a questa solamente, se gli presentano avanti anche quelle altre idee, che partecipano di tale affezione. Così formiamo quelle idee comunemente dette *astratte*, e *universali*. Ora siccome la maggior parte de' Filosofi ha creduto, che queste idee fossero nell' anima distinte affatto dalle particolari, non già formate come ora abbiain detto; così alcuni Filosofi hanno creduto reale, quello che non era altro, che un semplice paragone delle idee, fatto da noi. In ciò si sono maggiormente confermati osservando i vocaboli particolari co' quali sogliamo esprimerle; Quasichè ad ogni voce dovesse necessariamente rispondere una cosa realmente esistente. Questo è il modo di filosofare scolastico, e pur troppo lo stesso vien fomentato al giorno d'oggi ancora da quelli, che coltivano la maniera di pensare del Leibniz. Quindi son nate quelle Frasi comuni tra i Filosofi, che la *materia riceve la forma dopo aver ricevuta l'esistenza*. *Che la forma è un atto, la materia è una potenza*. *Che i principj de' corpi non sono atomi di mole, o estesi, ma atomi di natura, o sostanze semplici*, e molte altre espressioni, che sono puri accozzamenti di parole, denotanti qualche riflessione di nostra mente. E queste più d'ogni altro hanno impedito gli avanzamenti della Fisica, unite ad alcuni generali Affiomi che niente significano di positivo. Ora per evitare tali inciampi è necessario *esprimere con parole semplici, e non metaforiche le verità naturali, e nel proferirle aver sempre riguardo alle particolari osservazioni, o esperienze dalle quali si sono ricavate.*

19. Il Metodo del *Verisimile*, adoperato da molti Filosofi non può intieramente escludersi dalla Fisica, purchè si adoperi con somma parsimonia. Dove si può arrivare colla sperienza, bisogna stare a questa. Ma dove mancasse questa, o le conseguenze, che se ne ricavano, fossero dubbiose, allora coerentemente alle sperienze è lecito fare un' *Ipotesi*, purchè questa non si tenga come *Materia di fatto*. Ma il pretendere di stabilire per cagione di qualche effetto, quello che da

al-

alcuna speranza non si ricava, quantunque appaja verisimile, questo è un lasciarsi trasportare dalla propria immaginazione.

20. Resta perciò, che il vero Metodo di trattare la Fisica, e che noi seguiremo, sia quello di consultar prima le operazioni della Natura, e da esse ricavare solo quelle conseguenze, che ne vengono immediatamente. Da queste poi dedurre le leggi colle quali si muovono, e la spiegazione per mezzo di esse degli altri effetti naturali. Questo discorso Fisico se sia accompagnato dalla scorta delle Matematiche, potrà condurre una volta la Fisica al più alto grado di perfezione.

21. Parrà forse ad alcuno, che questo Metodo di trattare la Fisica faccia la stessa un'Arte manuale più tosto, che una Scienza, e così intieramente si perde la speranza di stabilire una *Scienza universale della Natura*, che molti più volte hanno preteso di stabilire. Si lusingano questi, che possa darsi tale Scienza astratta, e generale per cui mezzo si debba discorrere con proposizioni certe, e universali della natura di tutti i corpi. E siccome nelle Matematiche c'è l'Algebra, che da precetti generali intorno la quantità astratta, prescindendo dalla discreta, continua, e successiva, così credono altresì, che lo stesso accader debba nella Fisica. Ben volentieri però lascio questi tali in una lusinga così perniciosa per l'avanzamento delle Scienze, ogni qual volta, non restano persuasi dalle evidenti ragioni finora portate. Solamente loro avvertirò, che errano di molto quando suppongono, che siasi trovata la Matematica universale. Il contrario giudica Cristiano Volio nella sua Prefazione all' *Aritmetica Elem. di Matem.* tom. 1. e con ragione, perchè quando noi tentiamo nell' *Analisi* colle lettere dell' *Alfabeto* esprimere la quantità in generale, e le sue affezioni, ci accorgiamo poi in pratica, che sovente si deve entrare nell' *Aritmetica*, o pure per concepire quel che si dice dobbiamo applicarlo a qualche caso particolare geometrico, o meccanico. Lo stesso appunto vedremo accadere nelle *Fisiche*, quando non vogliamo lasciarci lusingare dalle parole, e dalle idee astratte, o per dir meglio chimeriche.

22. Ora dovendosi in Fisica servire del Metodo sperimentale, è necessario dir qualche cosa della maniera di fare l'osservazioni, ed esperienze. Qualunque effetto naturale si presenta a' nostri occhi, senza, che noi cooperiamo alla produzione di esso, si chiama *Osservazione*; quantunque per farla con esattezza ci serviamo per lo più di particolari stromenti. Come quando osserviamo il nascer del Sole, la sua *Eclisse*, o quella della Luna, e tutti gli altri effet-

si prodotti in Cielo, o nell'aria. *Esperienza* chiamasi quell'effetto naturale prodotto da' Corpi, quando noi applichiamo uno all'altro, come l'effetto della Calamita di tirare il ferro quando a questo si avvicina; di dimiggersi al Polo del Mondo, quando si sospende liberamente in aria, e somiglianti. *Fenomeni naturali* diciamo tutti gli effetti prodotti da' Corpi senza l'azione di sostanza spirituale. Voglio alzar un braccio, e questo si alza; il moto di questo braccio non è effetto naturale, perchè dipende dalla mia volontà. Di fatto semi cercano perchè lo muovo, risponderò perchè voglio; ma come al mio volere sta unito il moto del braccio, perchè, rispondono d'accordo i Filosofi, ha stabilito Dio questa armonia tra le operazioni dell'anima, e quelle del corpo. Un Leibniziano certo risponderà, che il moto del braccio non viene dalla mente, ma dalla macchina corporea, che sviluppa con un ordine determinato le sue operazioni. Ma se interrogo questo, perchè ora muova più il destro, che il sinistro coerentemente al desiderio della mente, non me ne assegnerà alcuna particolare ragione. All'incontro si muove d'improvviso il mio braccio destro, contra mia voglia; subito andrò cercando la causa di ciò nella costituzione del mio sangue, de' muscoli, o di qualche cosa esteriore; questo è un effetto naturale.

23. Nel fare qualunque esperienza, e osservazione dobbiamo riguardare quattro cose. I *Sensi*, gl' *Istromenti*, le *Circostanze*, e l' *Attenzione*.

24. Per mezzo de' cinque sentimenti giudichiamo di tutto ciò, che è fuori di noi. Sono perciò i sensi come fedeli mezzi, che ne portano le impressioni fatte dagli oggetti esterni. Ciò non ostante ben spesso ci inganniamo, non già perchè essi siano fallaci, ma per l'uso cattivo, che ne facciamo. La natura ha dato al nostro corpo l'abilità di parlare; se uno parla oscuramente, non per questo deve imputarsi questo difetto alla facoltà di parlare, ma al cattivo uso, che se ne fa. Per evitar l'errore in cui possiamo cadere dobbiamo aver riguardo a tre cose. Primo che i nostri sensi non siano debilitati, o viziati da qualche causa. Un uomo, che abbia una febbre a freddo, o che sia stato in una fornace di Vetroajo, giudicherà fredda una camera di aria temperata; perchè nel primo caso la sensazione del freddo sta nelle sue fibre, nel secondo comunica, e non riceve dall'aria della camera le parti-

celle di fuoco, onde perdendone esso, deve sentire del freddo. Secondo bisogna osservare, che non ci sia qualche causa fuori di noi, che turbi le impressioni de' corpi. Vediamo sovente a cielo aperto la Luna piena, e le Stelle di notte mandar poco lume, questo dipende dai vapori de' quali è ingombrata l'aria di quel luogo. Non si vedono mai le Stelle così lucide, che ne' siti eminenti di montagne, o quando spira la tramontana. Terza si deve lo stesso effetto provare più volte, adoperando più sensi, e in più maniere diverse. Guardando un picciolo corpo con un Microscopio non solo si vede ingrandito, ma scopriremo in esso una quantità prodigiosa di parti, tutte diversamente figurate a prima vista. Si metta lo stesso a varj lumi, e si guardi l'oggetto in varie posture, allora ci accorgeremo, che molte di quelle da noi giudicate parti, e molte delle loro figure non dipendeano, che dalle ombre mandate dalle medesime, e da noi prese per oggetti reali.

25. La seconda cosa da osservarsi sono gl' *Istromenti* che devono esser fatti da perito Artefice, e dobbiamo saperli ben maneggiare. Per giudicare della loro esattezza conviene riflettere bene al fine per cui sono destinati. A luoghi opportuni si darà un breve saggio di essi, e della maniera di costruirli.

26. La terza cosa da considerarsi sono le *Circostanze*, che accompagnano l'esperienza. Queste sono molte, e necessarissime da notarsi diligentemente, dipendendo per lo più da esse la spiegazione de' fenomeni; come vedremo nel farne l'applicazione. Le principali in generale sono le *Circostanze del luogo* in cui si fa l'esperienza; il conoscere cioè la natura, e costituzione di quell'aria, del *tempo* in cui si vede quell'effetto, se di giorno, o di notte, di estate, o d'inverno ec.

27. L'ultima osservazione da farsi è l'*illazione*, che si fa dalle Sperienze. Per lo più ci mettiamo a far esperienze per confermare qualche nostra opinione, o sistema, e allora non consultiamo la natura, ma noi stessi, e l'impegno ne fa travedere. Acciocchè non ci inganniamo deve esser l'*illazione*, che si fa, *naturale*, e non sforzata, *immediata*, e non come si suol dire stracchiata; e dopo averne fatte alcune, sopra di queste dobbiamo fondare il nostro discorso non prevenuti da sistema, o affetto per qualche opinione particolare.

## I N D I C E

D E L L E

S E Z I O N I , E D E' C A P I .

SEZIONE I.	<b>D</b> ella materia.	Pag. 1.
SEZIONE II.	<b>D</b> ella estenzione.	19.
CAP. I.	Divisibilità.	26.
CAP. II.	Divisibilità matematicamente.	33.
CAP. III.	Sottigliezze delle parti de' corpi.	44.
CAP. IV.	Sottigliezza della materia matematicamente.	47.
CAP. V.	Misure dell'estenzione.	51.
CAP. VI.	Della figurabilità.	66.
CAP. VII.	Figurabilità matematicamente.	69.
SEZIONE III.	Della resistenza.	73.
SEZIONE IV.	Della mobilità, e del moto.	88.
CAP. I.	Della natura, e causa del moto.	91.
CAP. II.	Leggi del moto.	106.
CAP. III.	Delle varie specie di moto.	114.
CAP. IV.	Cognizioni matematiche per lo moto, e la massa.	122.
CAP. V.	Del moto semplice uniforme.	129.
CAP. VI.	Moto semplice uniforme matematicamente.	131.
CAP. VII.	Del moto semplice variabile.	135.
CAP. VIII.	Moto semplice variabile matematicamente.	138.
CAP. IX.	Del moto composto equabile, e variabile.	147.
CAP. X.	Delle forze de' corpi.	162.
CAP. XI.	Forze de' corpi matematicamente.	170.
CAP. XII.	Delle forze inerenti a' corpi.	194.
CAP. XIII.	Misure de' pesi diversi.	235.
CAP. XIV.	Gravità universale, o attrazione.	239.
CAP. XV.	Leggi dell'attrazione matematicamente.	255.
CAP. XVI.	Statica.	261.
CAP. XVII.	Idrostatica, e Idraulica.	306.
CAP. XVIII.	De' Pendoli semplici, e composti.	349.

**XX**

CAP. XIX. <i>Arte Balistica.</i>	361.
CAP. XX. <i>Dinamica.</i>	372.
CAP. XXI. <i>Forze centrali.</i>	387.
SEZIONE V. <i>Le affezioni secondarie della materia, o le quali- tà.</i>	401.
CAP. I. <i>Della durezza, mollezza, ed elastico.</i>	402.
CAP. II. <i>Della rarezza, densità, e fluidità.</i>	415.
CAP. III. <i>Del caldo, e del freddo.</i>	423.



INDI.

# INDICE

## DELLE PROPOSIZIONI.

PROPOSIZIONE I.	I Corpi esistono.	Pag. 7 <sup>a</sup>
II.	L'idea dell'estensione pura è diversa dall'estensione resistente.	20.
III.	L'estensione pura, e resistente sono divisioni in infinito.	27.
IV.	La materia si divide in parti estremamente sottili.	45.
V.	In due solidi simili di grandezza diversa la superficie del piccolo ha maggiore ragione alla sua solidità, che quella del grande alla sua solidità, e le superficie sono tra di loro inversamente, come i lati omologhi.	69.
VI.	Ne' corpi c'è una forza di resistenza, dipendente dalla loro massa; e a questa proporzionale.	79.
VII.	La massa d'un corpo è come il prodotto del suo volume nella densità; ovvero come il suo peso.	128.
VIII.	La velocità è come lo spazio diviso per lo tempo.	131.
IX.	Il moto è come il prodotto della massa nella sua velocità.	134.
X.	La velocità variabile considerata in uno spazio, e tempo infinitamente piccolo, è come lo stesso spazio diviso per lo tempo.	141.
XI.	Il moto variabile in uno spazio, e tempo infinitesimo è come il differenziale della velocità nella massa, o come la sollicitazione al moto nel tempo infinitesimo.	146.
XII.	Se il corpo A qualunque, sia spinto da due forze AE, AD, che fanno angolo, come nel primo caso, descriverà la diagonale retta AB del parallelogrammo fatto su queste direzioni, nel tempo stesso, che farebbe i lati AE, AD; e questa esprimerà la forza composta.	152.
XIII.	Se un corpo è spinto nel tempo stesso da due forze finite, e una d'esse varia sempre, o pure una è finita l'altra infinitesima lo spinge ogni momento, descriverà una linea curva.	159.
XIV.	Ogni forza movente è come l'effetto, che produce direttamente, e il tempo, in cui opera inversamente.	170.
XV.	Ogni forza movente è proporzionale alla massa, che ha il corpo, e la velocità, con cui si muove.	172.
XVI.	Dato la forza, o velocità, o spazio, o il tempo nel moto variabile, trovare il resto.	192.
		XVII.

- XVII. *Determinare la forza istrasenta, colla quale un piccolo corpo è tirato da un piano circolare.* 260.
- XVIII. *La potenza, e la resistenza disuguali allora sono in equilibrio, quando i loro pesi sono reciprochi agli spazj, che descriverebbero.* 253.
- XIX. *In qualunque piano inclinato, la gravità assoluta è alla rispettiva, come la lunghezza del piano alla sua altezza.* 290.
- XX. *Un fluido posto in qualunque vaso, esercita da per tutto pressione uguale, e questa relativamente al fondo del vaso, è come lo stesso moltiplicato nell' altezza del fluido.* 309.
- XXI. *Ne' tubi comunicanti di qualunque figura, e comunque inclinati, posto un fluido, sarà in equilibrio ad uguali altezze.* 315.
- XXII. *In qualunque tubo comunicante, se si pongono due fluidi, si farà l' equilibrio quando sono ad altezze reciproche a loro pesi.* 316.
- XXIII. *Le velocità dell' acqua, che esce da forami de' vasi sono in ragione sudduplicata delle altezze diverse dell' acqua.* 317.
- XXIV. *L' urto d' un fluido contro un corpo è in ragione composta della densità, della superficie del corpo, e del quadrato della velocità.* 326.
- XXV. *Se il fluido CABD urta obliquamente il Corpo AB, la celerità assoluta sarà alla rispettiva, come il seno tutto al seno dell' Angolo CAF d' incidenza.* 327.
- XXVI. *Se due corpi con celerità diverse si muovono dentro fluidi eterogenei, le resistenze, che ricevono, sono in ragione composta del volume, e quadrati di velocità de' corpi, e delle densità de' fluidi.* 327.
- XXVII. *Un corpo solido immerso in un fluido se è della stessa specifica gravità, ovunque si ponga si ferma, e perde tutto il suo peso. Se è di maggior peso, va al fondo, e perde una gravità uguale alla mole antagonista. Se ha minor peso, lo perde tutto, galleggia in parte, e il volume del fluido uguale alla parte d' esso immersa, pesa come tutto il solido.* 330.
- XXVIII. *Se un pendolo cada da altezze diverse, le velocità sono come le corde degli archi, che descrive.* 350.
- XXIX. *I tempi impiegati da' pendoli a descrivere archi simili, sono come le radici quadrate delle lunghezze de' pendoli.* 351.
- XXX. *Il tempo d' un' intera oscillazione per qualunque arco cicloidale per esempio QB, è al tempo della discesa perpendicolare per AB diametro del cerchio genitore, come la periferia del cerchio, al diametro.* 357.
- XXXI. *Un grave spinto per qualunque direzione non computata la resistenza dell' aria, e poste le direzioni de' gravi a terra tra loro parallele descrive una parabola Apolloniana.* 361.

# DELLE PROPOSIZIONI.

xxiii

- XXXII. Dato l'angolo  $RAB$  d'elevazione, e la distanza  $AB$  alla quale deve il grave gettarsi, dobbiamo ritrovare il parametro, del diametro  $AS$  della parabola  $AmB$ . 365.
- XXXIII. Ne' corpi molli la quantità del moto avanti l'urto è uguale a quella dopo l'urto. 373.
- XXXIV. Data la celerità de' corpi molli avanti l'urto, determinare quella, che avranno dopo l'urto. 374.
- XXXV. Data la celerità de' corpi elastici avanti l'urto, determinare quella, che avranno dopo l'urto. 380.
- XXXVI. Se vi siano tre globi  $M, m, n$ , de' quali  $M$  sia il massimo,  $n$  il minimo, e il moto cominci dall'uno de' due, e vada all'ultimo, questo riceverà più moto per esservi in di mezzo, che se il primo, e l'ultimo immediatamente si comunicassero il moto. 383.
- XXXVII. Dati due corpi  $M, n$  trovare quello da interporfi, acciocchè  $n$  acquisti la massima velocità, che può acquistare. 384.
- XXXVIII. Determinare la velocità, e direzione nell'urto obliquo de' corpi molli, ed elastici. 386.
- XXXIX. Se un corpo descrive intorno un altro una curva con una forza, che tende ad esso, farà le aree proporzionali a' tempi. 388.
- XL. Se un corpo descrive intorno ad un altro le aree proporzionali a' tempi, è mosso da una forza centripeta, che tende a questo. 389.
- XLI. Qualunque forza sul principio del moto è direttamente, come lo spazio descritto, e inversamente, come il quadrato del tempo. 390.
- XLII. Ritrovare le formole generali, colle quali si esprimono le forze centrali. 391.
- XLIII. Trovare la legge della forza centripeta quando tende al centro del circolo. 392.
- XLIV. Trovare la legge della forza centripeta nel circolo, quando tende ad un punto diverso dal centro. 393.
- XLV. Trovare la legge della forza centripeta, quando tende al centro dell'ellissi. 394.
- XLVI. Trovare la legge della forza centripeta, quando tende al foco dell'ellissi. 396.
- XLVII. Ogni azione, che da' corpi si propaga in giro, è inversamente come il quadrato della distanza da' medesimi. 402.

egli

N O I

## NOI RIFORMATORI

Dello Studio di Padova.

**A** Vendo veduto per la Fede di Revisione, ed Approvazione del P. *Fra Paolo Tommaso Manuelli* Inquisitor Generale del Santo Ufficio di Venezia nel Libro intitolato: *Scienza della Natura del Padre D. Gio: Maria della Torre Somasco*, non vi esser cosa alcuna contro la Santa Fede Cattolica, e parimente per Attestato del Segretario Nostro, niente contro Principi, e buoni costumi, concediamo Licenza a *Gio: Battista Recurti Stampator di Venezia*, che possa essere stampato, osservando gli ordini in materia di Stampe, e presentando le solite copie alle Pubbliche Librerie di Venezia, e di Padova.

Dat. li 5. Settembre 1749.

(Gio: Emo Proc. Rif.

(Marco Foscarini Cav. Proc. Rif.

Registrato in Libro a Carte II. al Num. 105.

*Michiel Angelo Marino Seg.*

Adi 22. Luglio 1750.

Registrato nel Magistrato Eccellentissimo degli Esecutori contro la Bestemmia.

*Alvise Legrenzi Seg.*

# SCIENZA GENERALE DELLA NATURA.



Questa prima parte, chiamata comunemente Fisica generale, la distribuiremo in cinque Sezioni. Nella prima si parlerà della *Materia*, nell'altra dell'*Estensione*, nella terza della *Resistenza*, nella quarta del *Moto*, e nella quinta delle *Qualità sensibili*. L'ordine, che ora teniamo nel distribuire la Fisica apparirà chiaramente in appresso.

Ciascuna di queste Sezioni sarà distribuita in varj capi, secondo, che porterà il bisogno. Siccome abbiamo osservato nella Prefazione §. 7. il vero metodo di trattare la scienza naturale è di fare continue esperienze, e osservazioni, dalle quali coll'ajuto delle scienze matematiche si deve ricavare il proprio sistema fisico; così con questo doppio metodo tratteremo ciascuna sezione, e ogni capo particolare di essa; prima esponendo le dottrine naturali col *Metodo sperimentale*, e quindi estendendo le stesse col *Metodo matematico*. In questa maniera spero, che si renderà utile questa Fisica anche a quelli, che non fanno le matematiche, o non ne vogliono fare uno studio profondo. Avranno questi, ciò non ostante, in quest'opera un'idea esatta delle forze, e degli effetti naturali più sorprendenti.

## S E Z I O N E I.

### *Della Materia.*

1. **Q**Uella Sostanza, di cui sono composti i Corpi tutti, che vediamo nelle viscere della terra, sopra la sua superficie, nell'aria, e nel Cielo si chiama *Materia*. L'intima essenza di questa finora non è stata scoperta; quello che di essa sappiamo sono le Proprietà, che si osservano ne'corpi dopo lunghe, e accurate osservazioni. Ma quantunque la natura di questi dedur si debba dalle sperienze; ciò non ostante non possiamo farle sopra di tutti. Si trovano in natura corpi così sottili, che sfuggono ogni vista, ogni senso benchè delicato, come sono i corpicciuoli dell'aria, della luce, del fuoco. Ce ne sono degli altri, che sebbene assai grossi, pure

come molto lontani da noi non possono ben distinguerfi, e di questa specie sono le Stelle, i Pianeti, e le Comete. E' vero, che l'Ottica coll'invenzione de' Microscopj ne ha reso sensibili alcuni de' primi, e per mezzo de' Cannocchiali ne ha di molto avvicinati i secondi; ma ciò non ostante non ci lascia senza oscurità circa la natura di amendue. Perciò dopo che si è da noi fatto un competente numero di osservazioni, è necessario, che ci siano alcune regole generali, col mezzo delle quali possiamo per induzione discorrere della natura di quelli, sopra i quali non siamo capaci di fare delle sperienze.

2. Quantunque i nostri *sensi* siano tali, che adoperando le cautele esposte *par. 24.* della Prefazione ne conducano all'evidenza, non già matematica, che è un'immediata percezione delle cose, ma all'evidenza, che dicono *Morale*; ciò non ostante un solo Filosofo per discorrere della natura de' corpi deve appoggiarsi ancora agli altri due fondamenti dell'evidenza morale, che sono i *Testimonj*, e l'*Analogia*. Finchè possiamo arrivare a sperimentare noi stessi, conviene farlo; ma questo campo è assai vasto, e breve è il viver nostro; onde conviene allora scegliere tra' Fisici le sperienze fatte da' più accreditati, e adottarle. Il lungo uso di fare sperienze ne darà facilmente la regola per scegliere tra' Fisici i più rinomati. Quando quello, che riferisce dell'esperienze fatte da se, è uomo di cui sia nota altronde l'*ingenuità*, e *spassionatezza*, e che in quelle *sperienze* da lui fatte, e *ripetute* da noi, si è trovato *veridico*: Quando le ha *ripetute* più volte, e nota con *molta accuratezza* tutte le *circostanze* nell'esperte: Quando le abbia fatte in *presenza di accademie*, o di *molti*, o pure che di professione sia *esperimentatore*, allora possiamo sicuramente servircene, e prestargli tutto il credito.

3. Ma i *sensi*, e i *testimonj* non servono per giudicare della natura di que' corpi sopra i quali gli uomini non arrivano a fare sperienze §. 1. In questo caso dobbiamo servirci dell'*Analogia*, o proporzione, che osserviamo essere tra' Corpi. E' questa una maniera di discorrere, colla quale osservate tutte le circostanze nel determinare la natura di qualche cosa soggetta a' nostri sensi, argomentiamo da queste la natura di quelle cose, che a noi non sono soggette. Il *fondamento*, su cui discorriamo per Analogia sono le *uniformi*, e *costanti leggi*, colle quali continuamente si osserva esser regolata la generalità delle cose. Siccome questa specie di argomentare è di somma utilità per estendere l'umana cognizione, così è al-

è altrettanto facile a farci cadere in errore. Ogni Filosofo nell' esporre il proprio sistema si serve dell' Analogia ; ma il più delle volte questa è ideata dalla nostra mente, e non ha alcun fondamento reale ; onde rende il discorso possibile , o al più verisimile . Quindi nasce, che in ogni libro Fisico, quantunque di sistema diverso dagli altri, ci troviamo argomenti, che ci capacitano, finchè non passiamo a leggerne un altro di sistema contrario. Lo stesso accade ne' libri di Metefisica, e con più forte ragione.

4. La regola adunque, per poter servirsi con sicurezza dell' Analogia, sarà questa. *Si osservino attentamente le circostanze di que' Corpi su i quali si fanno esperienze, e quelle, che si possono osservare ne' corpi non soggetti a' nostri sensi, se trovansi tra loro simili, allora potremo discorrere di questi ultimi con una Analogia molto verisimile, come abbiamo fatto de' primi per mezzo di molte esperienze. Questa poi diventerà evidenza morale, quando possiamo in appresso confermare il discorso fatto su i corpi insensibili, almeno con qualche esperienza.* Poche esperienze certamente non bastano per discorrere della natura di qualche cosa ; ma quando abbiamo parlato di questa con una Analogia ben fondata, come ora abbiamo detto, bastano in tal caso alcune osservazioni, per giudicarne con sicurezza.

5. Ma per discendere più al particolare in questa regola, dobbiamo da essa ricavarne tre altre, che siano di un uso più immediato per discorrere della natura de' Corpi. Esporrò pertanto quelle, che pone il Neuton ne' suoi Principj Matematici della Filosofia naturale, nel cominciare il Libro terzo. Le prende egli come Postulati, o proposizioni facili da concedersi, anzi ammesse da tutt' i Filosofi per poter discorrere delle Sostanze materiali. Il loro fondamento è lo stesso, che quello dell' Analogia §. 3. A questa pur troppo estesa maniera di argomentare abbiamo giudicato, almeno per la Fisica necessario, il porre qualche limitazione colla regola precedente §. 4., dalla quale si ricavano le susseguenti regole Neutoniane.

R E G O L A I.

6. **N**ON devono ammettersi come cause degli effetti naturali, se non quelle, che si può dimostrare esservi realmente, e sono sufficienti per ispiegarli.

7. Sogliono dire comunemente i Filosofi, che la natura niente

opera indarno, ed è cosa vana il fare per le vie lunghe, ciò che brevemente si può eseguire. Questi Affiomi gli hanno dedotti dalla costante osservazione, come dicemmo al *par. 3.* E per vero dire tolta di mezzo questa regola, dobbiamo introdurre immediatamente i possibili, già esclusi dalla Fisica (*pref. par. 17.*) Imperocchè fingiamo di aver trovata la vera, e reale cagione, colla quale si spieghi bene un Fenomeno; se non dovesse ammetterfi questa regola, potrebbe opporsi sempre, che ne è possibile un'altra; e finchè non si è dimostrata l'impossibilità di tutte le altre, non dovrebbe ammetterfi quella, quantunque realmente esistente in natura. Questo sarebbe lo stesso, che distruggere in Fisica tutto il discorso de' Corpi, e tutte le cause degli effetti naturali. Noi però lasceremo, che questi oziosi uomini si lambicchino a lor talento il cervello sopra i possibili, e passeremo alle cose reali. Con maggior fondamento adunque mi dimanderà qualcuno, che debba intendersi per cagione *vera*, e *reale*; a questo dico, che allora si può dir tale, quando è confermata da un buon numero di accurate osservazioni.

8. Da questa regola ne siegue, che quantunque si spieghi il Fenomeno ottimamente per qualche cagione, pure dovrà questa metterfi solamente nel numero delle possibili, se non può confermarfi colle sperienze. Tutto è possibile (*pref. par. 17.*) onde può essere ancora, che lo stesso effetto possa nascere non solo dalla causa da noi trovata, ma anche da qualche altra diversa. Così vediamo, che il moto dell'indice dell'orologio si faccia per mezzo di una molla chiusa dentro questo, o di un peso, che tira giù la prima ruota, o di arena, ovvero acqua, che cade sopra di essa; qualunque di queste cause spieghi bene l'effetto. Ma se ci venisse portato un orologio, e senza aprirlo volessimo giudicare, che si muove col peso, quando poi realmente guardandolo trovassimo, che una molla lo anima, faremmo giudicati poco circospetti, quantunque fosse stato da noi bene spiegato il suo moto; e moveressimo a riso i circostanti, quando per difendere la nostra ideata causa, contrastar volessimo, ch'è possibile.

## R E G O L A II.

9. **G**li effetti naturali simili, o della stessa natura, devono nascere dalle stesse cagioni.

10. Questa è una immediata conseguenza della prima; imperocchè se due effetti istessi nascessero da due cause diverse, allora dovrebbero

bero ammetterfi più cause in natura, contro la regola prima :  
 Dobbiamo usare tutte le cautele nel ricercare una o più cause di qualche effetto; ma tosto, che l'abbiamo rinvenute, con queste solamente i fenomeni consimili è lecito esporre. Onde se vi è qualche principio, con cui si spieghi la discesa de' corpi verso la terra in Europa, questo stesso servir deve per ispiegare la loro caduta in Africa, in Asia, e in America; così ancora la stessa farà la causa della respirazione nell'uomo, e negli animali; del caldo nel fuoco di legna, e nel sole. Sovente però si trovano alcuni fenomeni così composti, che quantunque pajano a prima vista simili, pure non sono tali realmente, e quando si considerano per più versi. I venti a prima faccia pare, che tutti siano gli stessi, non essendo altro, che un'agitazione dell'aria; ma se consideriamo, che un fluido come l'aria può essere agitato in più maniere, e se riflettiamo, che non tutt'i venti sono della stessa natura, allora non diremo, che sono effetti simili, ma diversi; e per conseguenza possono ascriversi a più cagioni.

R E G O L A I I I .

11. **L**E Proprietà, e qualità, che ne' corpi non ponno essere accresciute, o diminuite, e che le osserviamo in tutti quei, sopra i quali possiamo fare dell'esperienze, dobbiamo giudicarle universali, cioè comuni anche a quelli, che non sono soggetti a' nostri sensi.

12. La ragione di questa regola è evidente. Se le troviamo in tutti quei, che possiamo sperimentare, e non ponno accrescersi, nè diminuirsi, non saranno nè anche capaci di esser distrutte, perchè non ammettono diminuzione; dunque dovranno trovarsi anche ne' corpi, su i quali non possiamo fare esperienze. Per mezzo di questa regola noi giudichiamo con sicurezza, che i corpi celesti, e le minime parti, che compongono tutt'i corpi, siano *estese, resistenti, e mobili*; nè abbiamo altro modo per restar persuasi di queste tre loro proprietà prime. Onde tolta questa regola dalla Fisica, non possiamo più discorrere della natura de' corpi.

13. Questo aumento, o diminuzione si deve intendere della proprietà principale del corpo, non già dell'effetto, che potrebbe produrre. Quando ho detto, che ogni corpo a me noto ha parti, e queste sono resistenti, e capaci di mutar luogo, cioè che ogni corpo ha l'Estensione, la Resistenza, la Mobilità; ho detto tutto ciò,

to ciò, che poteva dire, per far distinguere il corpo dallo spirito, nè un corpo si potrà dire più corpo di un altro, perchè conterrà più parti, resisterà, o sarà più atto a muoversi di questo. Tanto è corpo una particella d'aria, quanto un grano di arena, una montagna, e la terra tutta. Che i corpi siano di figure diverse, contengano maggiore, o minor numero di parti, resistano più, o meno, si muovano più presto, o più tardi, sono tutti effetti della loro *estensione, resistenza, e mobilità*; i quali ponno accrescersi, e diminuirsi; ma non già queste loro proprietà.

14. Quindi avviene, che questa regola non si può applicare generalmente alle qualità secondarie, che nascono dalle tre ora commemorate (*pref. par. 5.*), come sarebbe la gravità o propensione de' corpi verso la terra, il caldo, il freddo, la durezza, mollezza, e fluidità ec. Considerando ciò non ostante più in particolare le qualità sensibili può aver qualche volta luogo la regola terza anche in queste, quando osserviamo, che tali qualità sempre si trovano ne' corpi, poste alcune particolari condizioni, e circostanze. Ma per adoperare sicuramente tal regola in questi casi dobbiamo servirci di quella generale §. 4. da noi data per gli argomenti d' Analogia. Così quantunque la gravità sia di quelle affezioni, che proveremo a suo luogo accrescersi, e diminuirsi, pure siccome posto qualunque corpo sollevato da terra, e slontanato l'impedimento di qualche piano, che lo appoggi, o dell'aria, che lo ritardi, osserviamo, che si porta verso terra, accelerando il suo moto; e ciò accade in qualunque di queste due circostanze, quindi deduciamo per analogia, che la gravità sia in tutt' i corpi. Ma questa conseguenza non passerebbe i limiti del verisimile, se non fosse dopo confermata con un' immediata osservazione, che si fa sopra la luna, dalla quale apparisce, che questo satellite gravità attualmente verso la terra. Lo stesso accade quando vogliamo giudicare della virtù di qualche pianta, che nasce in paesi diversi. Se troviamo, che la qualità del terreno, dell'aria, del caldo ec. siano le stesse in questi varj paesi, allora possiamo concludere, che anche la virtù farà la stessa.

15. Ecco dimostrate ad evidenza le tre fondamentali regole, delle quali tacitamente facciamo uso continuo nel discorrere della natura de' corpi. Nel tempo stesso abbiamo esposto le cautele, che si ricercano acciocchè non facciamo di esse un cattivo uso nell' applicarle. Queste regole adunque potremo ora prenderle meritamente per *Affioni*

Fi-

*Fisici*; o proposizioni certe, sulle quali si fonda il naturale raziocinio. Giacomo Roault nella sua Fisica *Tom. I. part. I. c. 5.* pone otto de' più generali Assiomi fisici, i quali, quantunque se gli accordasse, come egli pretende, che siano veri Assiomi, cioè proposizioni per se manifeste; ciò non ostante molti di essi non sono in pratica di così esteso uso, come le regole Neutoniane, nè così fecondi di conseguenze. Gli Assiomi sono i seguenti. *Il niente non ha alcuna proprietà. Dal niente non può nascere qualche cosa. Niuna cosa può da per se stessa andar in niente. Ogni effetto deve aver qualche causa. Se noi non siamo cagione di qualche effetto, deve questo dipendere da qualche altra causa. Ogni corpo conserva il proprio stato. Ogni mutazione nasce da causa esteriore. Ogni mutazione è proporzionale all'efficacia della causa.* Giovanni Keill nella sua Introduzione alla vera Fisica, e Astronomia stampata a Leiden 1739. nella Lezione ottava pone sedici Assiomi fondamentali, a molti de' quali si può dare la stessa eccezione, che a quelli di Roault; alcuni altri sono leggi di moto, o teoremi, che spiegheremo a suo luogo.

16. Esposte le tre fondamentali regole, sopra le quali appoggiare si deve ogni fisico raziocinio, quando l'esperienze mancano, o perchè noi non abbiamo tempo bastante di farle, o per la difficoltà di trattare a modo nostro que' corpi, de' quali si discorre, è conveniente, che prima d'ogni altra cosa esaminiamo, se possa dimostrarci con certezza l'esistenza della materia. Sebbene questa disputa niente conduca ad avanzare la Fisica, o deteriorarla; perchè quantunque non ci fossero realmente i corpi; ciò non ostante non possiamo negare le impressioni, che da noi si sentono tutto giorno, e queste appunto sono i *Fenomeni naturali*, de' quali disputano i Fisici, da qualunque cagione abbiano la loro origine: ciò non ostante per non tralasciare alcuna cosa, che conduca all'erudizione naturale, e per ben concepire i sistemi de' Filosofi, ho giudicato opportuno esaminar questo punto.

PROPOSIZIONE I.

*I Corpi esistono.*

17. **O** *Servazioni.* Se ognuno riflette a ciò che prova in se stesso troverà, che la mente si può solo considerare in due stati diversi. Il primo, che chiamerò di *Pensiero*, è quando essa ha presente qualche idea, che bene si accorge dipendere interamente da se; il se-

con-

condo, che dirò stato di *sensazione*, è quando sente di aver qualche idea, ma nel tempo stesso è portata a credere, che fuori di se ci sia qualche cosa, che la ecciti, e la produca. Perciò se realmente questi due stati dipendono dalla mente, allora fuori di noi non ci farà un'altra sostanza, che li produca; ma se il secondo stato non dipende da noi, sarà ad evidenza dimostrato, che fuori del nostro spirito si trova una sostanza, che produce queste idee, la quale faremo vedere in appresso aver l'estensione, il moto, e la resistenza; essere cioè un Corpo. Ora che le sensazioni non dipendano dall'anima nostra è chiaro dalle seguenti.

18. *Osservazioni*. Se la mente si trova nel primo stato non è difficile a distinguerlo, accadendo sempre quando l'uomo sta desto. Voglio pensare a me stesso, alle facoltà, che ho d'intendere, di volere, di ricordarmi, e di determinarmi, lo posso fare quando voglio, come voglio, e finchè mi piace. Voglio ricordarmi degli amici, e de' nemici, de' viaggi fatti di una Città lontana, di varie idee, o sensazioni avute, posso farlo nella stessa maniera.

19. *Osservazioni*. Ma quanto diverso trovo il secondo stato dal primo. Si avvicina la State, non dipende da me il farla venire; giunta che è, devo sentire il caldo; procuro di evitarlo, e mi riesce spesso, ma non sempre. Viene l'Inverno, non è in poter mio d'impedirlo, sono forzato a sentire il freddo. Mi prefiggo di non sentire la resistenza, che mi fanno i corpi, onde mi alzo dalla sedia ove sono, e ciò non ostante sento sotto i piedi la resistenza del pavimento. Qualunque positura io prenda, sempre sono forzato a sentire la resistenza, che mi fanno i Corpi. Mi determino di non provare il peso del mio corpo, nè tampoco sono capace di farlo. E' in mio potere di non accostarmi al fuoco, e perciò non provare il caldo di esso, ma quando mi ci sono accostato devo sentirlo, e non come voglio io, ma a proporzione della sua intensità. Avvicino all'odorato una rosa, devo sentire quel tale odore, e questo gagliardo, o debole, secondo la qualità di essa, e la disposizione dell'odorato. Ho avanti questa carta bianca, posso fingere sopra di questa, che caratteri voglio. Prendo la penna, e ci scrivo varie cose; non posso ora più impedire di vedere certi determinati caratteri impressi sopra di essa, qualunque sforzo faccia colla mia mente. Mi mancano gli occhi, e voglio aver idea del lume: ho perso l'udito, e voglio aver idea del suono; non posso farlo. Me l'immaginerò, ma molto debolmente, e diversi affatto da quando aveva gli occhi, e l'udito; e se questi strumenti non gli ho mai  
avv-

avuti, non potrà formare affatto idea della luce, e del suono. Mi pongo a giacere sul letto, e chiudo gli occhi per dormire, se il sonno non viene da se, non dormirò mai; voglio stare svegliato, quando mi viene un sonno gagliardo, non posso farlo se non con grande stento, e con sommo mio incomodo. Ora queste, ed altre osservazioni abbastanza dimostrano, che lo stato in cui siamo bene spesso di *sensazione*, non solo è diverso dal primo, ma, che ancora dipende da una sostanza diversa dalla nostra mente, la quale ha tutte le proprietà, che sperimentiamo continuamente ne' corpi, come l'esser *estesi, resistenti, e potersi muovere*.

20. Ciò non ostante si può opporre, che alle volte certuni ad occhi aperti prefiggendosi di pensare a qualche cosa, è arrivata la loro immaginazione a tanto, che gli è parso aver presente la cosa a cui pensavano, o loro ha fatto una sensibile impressione. Molti di questi esempj si vedono nel *lib. 2.* della ricerca della verità *tom. I., ediz. di Parigi 1735.* In tutte tre le parti di questo libro il P. Malebranche Prete dell' Oratorio di Gesù nato in Parigi nel 1638., esamina diffusamente la forza dell'immaginazione umana. Fa vedere nella prima parte con probabili ragioni il moto, che fanno gli spiriti nelle fibre del cervello, da' quali dipende la forza d'immaginarsi. Passa nella seconda a descrivere la forza, che ha l'immaginazione delle donne, e specialmente per imprimere nel feto qualche segno di durata. Esamina anche il potere della fantasia, negli uomini, e ne' vecchi, ne' Letterati, ne' Commentatori, e inventori di nuovi sistemi. Discende nella terza parte a esaminare la forza dell'immaginazione di quegli Autori, che colla fantastica disposizione delle loro idee, ed espressioni, delle quali si servono, obbligano i lettori a prestarle tutto il credito, preoccupando la loro fantasia. Tra questi enumera Tertulliano, Seneca, e Michele di Montagna. Ora se questi uomini di calda immaginazione credevano reale ciò che non era; abbiamo fondamento anche noi di dubitare, che tutto ciò che vediamo sia un puro effetto della nostra fantasia.

21. A questa obbiezione ricavata dall'immaginazione umana, della quale si serve il Malebranche nel sesto rischiaramento, *tom. 4.* della Ricerca della Verità per dimostrare, che non può provarsi l'esistenza de' corpi, rispondo accordandogli essere assai grande la forza della fantasia negli uomini. Alle volte fissandosi uno in qualche pensiero è arrivato a travedere, a sentir delle voci, a figurarsi di aver uno presente, sentirsi urtare, e che so io. Questa apparisce specialmente

negli uomini di temperamento caldo, e vivace, o ne' deboli di spirito come sono alcune donne, e questi tali sogliamo chiamarli uomini *visionarij*. Se poi una tale fantasia dura sempre, ed è sopra cose apertamente contrarie al credere comune, li diciamo allora *pazzi*. Bisogna però riflettere in primo luogo, che quando in questi il semplice pensiero degenera in viva immaginazione, o sensazione, allora quantunque non ci sia corpo esteriore, che produca questa impressione; ciò non ostante ogn'uno conviene, che nasce dalla disposizione del proprio corpo. E di fatto non è in poter nostro impedirla, e non dipende più dalla nostra mente. In secondo luogo la nostra mente da lì a poco, o pure dopo qualche tempo, come accade ne' pazzi si accorge dell'illusione. Anzi se gli uomini volessero confessare il vero, nel tempo stesso, che sono preoccupati dall'immaginazione, riflettono alla loro follia. Lo stesso accade a chi è dominato dalle passioni di sdegno, d'invidia, o di amore, che sono le più gagliarde. Lo stesso avviene a que', che sognano, i quali bene spesso avendo qualche sogno funesto riflettono nello stesso sogno, che fanno, per evitare la malinconia in loro prodotta, che attualmente dormono, e si sognano. Onde il *Fanatismo* meritamente si può chiamare un sogno fatto cogli occhi aperti.

22. Un'altra obbiezione fa il Malebranche nel sesto rischiaramento cavata dall'incertezza delle impressioni, che riceviamo da' sensi. Questi, se a loro credessimo, ne fanno giudicare, che le qualità tutte, come il caldo, il freddo, il sapore, l'odore ec. siano ne' corpi, della stessa maniera, che noi sentiamo; quando in questi non ci è altro, che la disposizione a muover le fibre del nostro cervello in un modo determinato. Di più ne fanno commettere errori intorno la grandezza, la figura, e il moto de' corpi. Ora perchè non può accadere lo stesso riguardo all'estensione, resistenza, e mobilità, cioè all'esistenza di quella sostanza, che noi chiamiamo corpo.

23. A questo si risponde, che molti certamente sono gli errori, come vedremo nel decorso della Fisica, ne' quali ci fanno cadere i sensi, per quello che riguarda la vera costituzione de' corpi fuori di noi; ma ciò non ostante tutt'i sensi ne fanno accorgere, che queste impressioni non dipendono da noi, ma da una sostanza, che è fuori della nostra mente §. 19., e in ciò tutti convengono. Sento delle impressioni, e queste vedo chiaramente comunque siano, che non dipendono da me, dunque fuori della mia mente ci deve essere una sostanza, che le produca, cioè i Corpi.

24. L'ultima conseguenza però riuoca in dubbio il Malebranche nel luogo citato, e Michel Angelo Fardella nato a Trapani il 1650. che fu Professore in Padova, nella sua Logica stampata l'anno 1696. Sarà, dicono, ben provato, che le sensazioni nascano da una sostanza diversa da me, ma non già che questa debba esser corpo. Sarà forse uno spirito maligno, che si vorrà burlar di noi. Altro è sentir le impressioni, altro è che queste debbano nascere da' corpi.

25. Ora a questa difficoltà cavata da' Possibili brevemente risponderò, che chiamino questa sostanza spirito maligno, o che vogliono; se non rinunziano alle continue impressioni, che sentono, mi dovranno accordare per l'esperienza cotidiana, che una tale sostanza è estesa, cioè ha parti, ovvero qualche figura determinata, resiste e passa da luogo in luogo. Queste proprietà, da noi sempre sperimentate, fanno che una tale sostanza io la chiami *Corpo*. Per loro sarà uno spirito, ma questo però esteso, resistente, e mobile, cioè *Materiale*.

26. Pietro Bayle nato a Carla nella Contea di Foix in Francia l'anno 1647. nel suo Dizionario Istoric, e Critico *Tom.4.* articolo *Zenone*, alla nota segnata colla lettera H dell'edizione d'Amsterdam, e Leiden 1730., pretende, che posta la verità de' due Assiomi fisici; *la natura niente fa in danno, e in vano si fa per le vie lunghe, quello, che si può far per le corte* §.7. non si possa difendere l'esistenza de' Corpi. Può, dice esso, supplire Iddio tutte le impressioni sensibili senza bisogno di creare i Corpi, che le producano; tanto più, che non comprendendo come questi operino nella mente, convengono molti Filosofi, che questi siano una mera occasione, non vera causa dell'idee nell'anima.

27. Manifesto è l'abuso, che fa il Bayle de' due Assiomi Fisici, perchè si lascia trasportare dagli argomenti possibili §.17.; ma qui si tratta di materia di fatto. Dovea perciò argomentare in questa maniera. I sensi mi provano evidentemente, che si danno i Corpi; dunque realmente esistono. Ma Iddio niente ha fatto in vano, dunque ha avuto qualche fine in crearli, e questa era la via più breve nel presente ordine di cose. Non sempre la via più composta, è la più lunga. Se si ha da elevare un peso assai grande, e che ci sia pericolo di romperfi, adoperar devo una macchina composta, ma tra queste ho da sciegliere la più atta, e compendiosa. Non comprendiamo certamente come il corpo, che è materiale, possa agire sopra lo spirito; ma questo non fa, che noi non siamo realmente persuasi delle impressioni, che riceviamo da' Corpi.

28. Lo stesso Autore *art. cit.* lettera G per convalidare l'opinione di Zenone, che non ammetteva il moto, dice, che potrebbe un Zenonico negare, che si dia l'estensione, e per conseguenza il luogo, onde anche il passaggio da luogo a luogo. Ora riflette in questa occasione, che i Filosofi antichi, e moderni non hanno mai provato, che si dia estensione; ma solo, posto questo principio, che *quando in tre maniere. si può determinare un fatto, e due di queste sono impossibili, la terza per necessità deve esser vera*; hanno ricavato, che l'estensione non potendo esser composta di punti indivisibili, o democriti, nè di punti mattematici; debba per necessità essere divisibile in infinito, e per conseguenza si dia l'estensione che è di tal natura. E di fatto l'Arriaga questione 16. della Fisica, Sezione 11. n. 241. confessa di non poter sciogliere una difficoltà propostasi contro la divisibilità in infinito, e ciò non ostante fondato su quel principio non la mette in dubbio. Ora un Zenonico potrebbe far così l'argomento. Se l'estensione esiste, deve esser composta di punti mattematici, o indivisibili, o divisibili; ma nessuna di queste tre cose si può dire; Dunque non c'è. Quindi si estende diffusamente a provare il terzo punto.

29. A tale difficoltà rispondo, che i migliori Filosofi hanno provato diversamente da quello, ch'esso dice, l'esistenza della materia, come si vede nel *Lib.4. c.11.* del saggio sopra l'umano intendimento, fatto da Giovanni Lock Inglese nato a Wrington l'anno 1632., dove adoperando sodi argomenti, con evidenza morale dimostra l'esistenza de'corpi. Lo stesso apparisce nel libro delle vere, e false idee stampato in Colonia nel 1683. da Antonio Arnaldo nato a Parigi nel 1612. In esso espone otto argomenti per l'esistenza de'corpi; e quantunque il Malebranche nella risposta che fa a questo libro le chiami prove buone, ma molto studiate dimostrazioni; ciò non ostante l'Arnaldo nella risposta, che fa a queste eccezioni, stampata in Colonia nel 1684. si difende bene dalle risposte dategli dal Malebranche. Per quello poi, che riguarda il Principio, di cui si sono alcuni serviti per provare la divisibilità della materia all'infinito, apparirà nella Sezione seguente, che non da esso, ma dalla natura stessa dell'estensione ciò si ricava. In questo luogo ancora scioglieremo le obbiezioni portate dal Bayle contro la divisibilità della materia.

30. L'altro argomento, che fa il Bayle per dimostrare, che non si da l'estensione, lo prende dalla Storia di questa, paragonata con quella delle qualità sensibili. Molti Filosofi hanno negato le qualità sensibili

bili ne' corpi, come sono tutt' i Moderni, molti come gli Scolastici le hanno ammesse per cose reali, e non pure impressioni fatte da' Corpi. Così ancora la maggior parte de' Filosofi ha posta l'estensione come cosa realmente esistente fuori di noi; ma molti ancora hanno detto, che non si può dimostrare, tra' quali il Malebranche, il Fardella, e il P. Lami Benedettino, nella Cognizione di se stesso tom. 2. pag. 112. Altri, che sia un' impressione fatta nella mente per certe leggi determinate, che sono nella natura, come Giorgio Berkeley, che nel 1734. era Vescovo di Cloyne in Irlanda, nel suo trattato della Cognizione. Molti poi hanno giudicato, che l'estensione fosse un Fenomeno naturale prodotto da certe sostanze semplicissime, chiamate *Monadi*, come il Leibniz, Gotlieb Hanschio nel Teorema 104. de' suoi Principj Leibniziani geometricamente dimostrati, che uscirono in Lipsia nel 1728., e Cristiano Volzio nella sua Ontologia. Ora siccome i Moderni Filosofi negano, che le qualità sensibili siano reali ne' corpi, perchè lo stesso sapore per esempio ad alcuni parendo dolce, ad altri amaro; non avrà perciò nè l'una, nè l'altra qualità, e per conseguenza il sapore sarà una pura impressione; così ancora i Corpi non apparendo a tutti della stessa estensione; questa sarà un mero Fenomeno della natura. Un corpo può apparire sotto qualche colore determinato, quantunque non l'abbia; così ancora potrà comparire sotto un'estensione; sebbene realmente non sia esteso. Non vedo, diceva il Leibniz, Hansch. Scol. 1. teorema 104., per qual ragione il tatto debba esser più privilegiato della vista. I colori dell'Iride non sono reali; e perchè l'estensione resistente deve esserlo?

31. Che ci siano de' Filosofi, i quali hanno negato l'estensione, non ne resto sorpreso; mi farebbe maraviglia se non ce ne fossero; perchè la Dottrina de' Possibili a questa conseguenza ne porta §. 7. I Filosofi Moderni con ragione dicono, che le qualità sensibili non sono reali, perchè sperimentano tutto giorno, che queste impressioni non nascono, che dalla figura, dal moto, e resistenza delle parti de' corpi. Onde col negarle vengono più tosto a confermare l'esistenza reale della estensione, senza la quale non si può concepire alcun' effetto naturale. Perciò l'Estensione è una vera e reale causa di tutte le impressioni, che noi abbiamo, dunque non può essere un Fenomeno. La grandezza de' corpi non apparisce la stessa in tutti, è vero; perchè per rendersi a noi sensibile si ricerca la luce, e una determinata disposizione degli occhi; e queste sono diverse, secondo i tempi, e la struttura degli

degli uomini; ma tutti però convengono, che le impressioni, che abbiamo, dipendono dall'estensione diversa, dal moto ec. A ciò, che dice il Leibniz, che non vede per qual ragione il tatto debba essere più privilegiato della vista, rispondo; perchè il colore viene solo dalla vista, ma l'estensione resistente, che sentiamo per mezzo del tatto, ne viene confermata dallo stesso colore, e da tutti gli altri sentimenti. Ciò poi, che soggiunge il Bayle, che i corpi possono apparirci sotto un'estensione, benchè non l'abbiano, come il corpo rosso apparisce tale, quantunque non abbia questo colore; confesso il vero, che non l'intendo. Quello, che fa nella mia mente queste impressioni, deve essere sostanza realmente esistente, e separata da me, che penso §. 19.; vedo in essa sempre l'estensione, e il moto, o la quiete, e la resistenza; e per mezzo di queste vedo ancora, che produce nella mia mente le impressioni del caldo, del freddo, de' sapori ec. Dunque concludo, che questa sostanza di cui non ho alcuna idea, come dimostreremo nella Sezione seguente, ha però certe proprietà, cioè l'estensione, la resistenza ec. le quali sono inseparabili da essa; di modo che non vedendole, subito conchiudo con certezza, che non ci è più alcun corpo fuori di me. Se poi levate queste impressioni di estensione ec. possa ancora restare una Sostanza, che non sia estesa, dalla quale erano prodotti questi effetti; accorderò di buon grado, che può accadere; ma ugualmente mi dovranno concedere, che poste le impressioni nella mia mente, la sostanza, che le fa, è estesa, resistente, e mobile, e perciò da me si chiama Corpo.

32. Giorgio Berkeley dopo ch'è nel 1710. diede alla luce i *Principi dell'umana cognizione*, nel 1713. stampò a Londra la seconda parte di questo Trattato, divisa in tre dialogi tra Ila, e Filonoo. Quest'ultimo personaggio pretende dimostrare ad Ila, che non ci siano corpi, ma solamente sostanze spirituali. Per provare un tale assunto il Berkeley, che sta coperto sotto nome di Filonoo, distingue le proprietà della materia in prime, e seconde. Pruova in primo luogo, che le proprietà seconde, come sarebbe il caldo, il freddo, il suono ec. non sono dentro i corpi, ma solo nella mente nostra. Soggiunge di più, essere assurdo il dire, che per esempio il suono sia un moto; perchè questo non lo sentiamo, che per mezzo della vista, o del tatto, e non mai per le orecchie. Poteva a mio credere risparmiar il Berkeley sul bel principio di provare, che le qualità sensibili non sono ne' corpi; perchè ognuno glie lo accorda. Non già però, che il suono  
sia

sia un moto; e questo un effetto prodotto dal moto, ma non lo stesso moto; siccome sono tutte le altre sensazioni, che abbiamo. E' vero, che le idee eccitate nell'anima non hanno niente di comune col moto delle fibre de' nervi, che le produce; ma ciò non ostante, non possiamo ripugnare all'esperienza, che così ne insegna. Passa in secondo luogo il Berkeley a dimostrare, che ancora le Proprietà prime sono semplici idee della mente. Questa seconda parte per quello, che riguarda la figura, e grandezza de' corpi, con tre argomenti pretende di renderla manifesta. Il primo così l'espone. Un corpo nel tempo stesso non può avere figure, e grandezze diverse; ma questo accadrebbe continuamente, posti i corpi; dunque non devono ammetterfi i corpi. La seconda proposizione facilmente si dimostra paragonando la vista di varj uomini, ed animali, ne' quali è diversa, in alcuni essendo più acuta, in altri più debole; onde lo stesso oggetto a' primi comparirà picciolo, a' secondi grande. A questo primo argomento non è difficile il rispondere, con accordargli come vero, che gli oggetti non appariscono a tutti gli occhi della stessa figura, e grandezza; ma ciò non distrugge la esistenza de' corpi. Ognuno fa per esperienza, che per vedere un oggetto è necessaria la luce, e i sensi su i quali faccia impressione. Ora secondo la maggiore o minor forza della luce, e del mezzo per cui deve passare cioè dell'aria; secondo la diversa tessitura degli occhi, ognuno facilmente comprende, che devono anche le viste dello stesso oggetto essere diverse. Se due uomini guardassero un oggetto, il primo in un'aria chiara, l'altro per un'aria piena di fumo, e vedendolo nel primo caso chiaro, nel secondo oscuro, si volesse argomentare così. Un oggetto nel tempo stesso non può essere chiaro, e oscuro; ma si vede tale; perciò questo non è un oggetto reale; ognuno certo avrebbe ragione di ridersi della conseguenza. I Filosofi moderni non si servono di questo argomento, come vedremo, per dimostrare, che le qualità sensibili sono pure impressioni prodotte dalle proprietà prime de' corpi. E se alcuni lo fanno, non discorrono bene; perchè come riflette dottamente il Giornale de' Letterati nel Tomo I. stampato all'Aja 1715., art. 14. con questo argomento si proverebbe ancora, che le Potenze dell'anima, anzi quest'istessa non esiste. La memoria per esempio ritiene alcune idee, e d'altre si dimentica; ma è impossibile, che una facoltà ritenga, e non ritenga; dunque non c'è la memoria. Lo stesso si può dimostrare delle altre facoltà di nostra mente. Niente diverso da questo

è il

è il secondo, e terzo argomento di Berkeley. Lo stesso corpo secondo la maggiore, o minore vicinanza ad esso, ora pare grande, ora picciolo; ma la grandezza è una qualità inerente al corpo; onde mutandosi questa ogni momento, lo stesso deve anche accadere al corpo; questo è assurdo; dunque non ci sono corpi. Se io metto tutte due le mani nell'acqua, e una di queste sia calda; l'altra fredda; quest'acqua parerà fredda alla prima mano, e calda alla seconda; dunque l'acqua non è calda, nè fredda; così ancora, se pare ad un mio occhio qualche oggetto liscio, e picciolo, all'altro poi scabroso, e grande, dovrò concludere ancora, che non è nè grande, nè picciolo, cioè non è esteso. Lo stesso argomento adopera il Berkeley per distruggere il *moto*, e la *solidità*. Il moto è misurato dal tempo, in cui si muove il corpo; il tempo lo misurano le idee della mente, che una succede all'altra; ma queste non in tutti gli uomini si succedono egualmente; dunque il moto farà nel tempo stesso veloce, e tardo, lo che è assurdo. Così ancora la solidità de' corpi è diversa secondo, che il tatto degli animali è più, o meno delicato; quello, che a un uomo è molle, farà duro per riguardo d'una formica. Per conchiudere poi tutti questi argomenti contro l'esistenza delle affezioni prime, dimostra, che non c'è affatto *Estensione* fuori di noi, con questo argomento. L'estensione non può stare senza le qualità sensibili, di fatto ogni corpo deve avere qualche colore, essere caldo, o freddo ec. ma queste non sono che idee; dunque sarà tale ancora l'estensione. Facilmente ognuno vedrà, che questi argomenti si sciolgono tutti come il primo. Soggiungo solamente, che con essi il Berkeley non pruova altro, se non che l'assoluta quantità delle cose non la possiamo sapere; come anche noi dimostreremo a suo luogo; e che le impressioni eccitate ne' sensi dallo stesso corpo, dipendono da varie cose, tutte però fuori della nostra mente. Mai però fa vedere, che è assurdo il dire, che l'autore della natura si sia servito di questi mezzi per comunicarne le idee sensibili; nè questo poteva dimostrare, perchè la quotidiana esperienza pruova il contrario.

33. Si serve bene spesso questo autore ne' suoi dialogi di un argomento più che Metafisico, e che pretende esser capace di decidere solo la questione. L'argomento è questo. Tutto ciò, che è sensibile, deve esser percepito immediatamente; ma quello, che noi concepiamo immediatamente è un'idea, la quale per conseguenza non può stare in una Sostanza come è il corpo; dunque le cose sensibili sono idee. Di più un'idea non può rassomigliarsi, che a un'altra; onde quello, che

che ci rappresentano le nostre idee, non può essere, che in qualche altro spirito; e in fatti il corpo, che non pensa, non può esser causa del pensiero. A questa ragione si risponde in primo luogo, che la prima proposizione è contraddittoria in se stessa. Quando io dico sensibile una cosa, intendo subito, che debba essere concepita da me, non immediatamente, ma per mezzo di un'altra. Le sole operazioni nostre, e le facoltà dell'anima noi percepiamo immediatamente. Alle altre difficoltà dico, che dimostrano solamente non poter noi concepire come i corpi possano *agire* nello spirito; il che non si nega; ma non per questo dobbiamo rinunziare all'esperienza, che ci convince cotidianamente dell'azione de' corpi, o pure occasione, che ci danno di pensare. Queste difficoltà svaniranno, se riflettiamo all'infinita Potenza, che ha l'autore della natura.

34. Sentiamo per ultimo il Leibniz, e con esso l'Hanschio §. 30., che pretendono essere di necessità l'ammettere una sostanza semplice; non composta di parti, chiamata Monade, dalla quale sia prodotta in noi l'impressione della contiguità delle parti, cioè dell'estensione. *Niente si fa, senza una ragione sufficiente*; questo è l'Assioma fondamentale, stabilito dal Leibniz per la sua Metafisica, che l'Hanschio luogo citato §. 30. così espone. Di tutto quello, ch'esiste, vi è una ragione sufficiente, per la quale esista più in una maniera, che in un'altra. Ciò posto, l'esperienza quotidiana dimostra, che si danno i Composti; dunque ci devono anch'essere le parti di questi. Ma se queste fossero estese all'infinito, farebbero anch'esse composte; dunque il Composto, che da queste nasce, non trova la ragione della sua esistenza in queste parti estese, o *Atomi di mole*; perciò le parti ultime, che compongono i Corpi, sono *Sostanze semplici, Unità, o Monadi, Entelechie prime, Forme Sostanziali, Punti Metafisici, o Atomi di natura*, come li chiama il Leibniz nel Giornale de'Saggi del 1695. carte 446., e nella Raccolta di diverse Operette Tom. 2. carte 365. Così vediamo ancora, che il numero è un aggregato di unità, cioè d'indivisibili; e quantunque l'unità non sia numero, pure di essa questo è composto.

35. Accordo ben volentieri a' Leibniziani, che di tutto vi è una ragione sufficiente; perchè Iddio come sapientissimo non poteva altrimenti creare le cose; non però di tutto possiamo sapere il perchè. Convengo, che si diano i Composti, ma però *relativi*, e non *assoluti*. *Composto assoluto* chiamo quello, che è formato da parti assolute, cioè semplicissime; *relativo*, che nasce da parti semplici relativamente al com-

## 18 SEZIONE PRIMA DELLA MATERIA.

posto; ma in le stesse però composte ancora. L'unità rispetto al numero 2. 3. 4. ec. si dice indivisibile, e semplice; ma in se stessa non è tale, perchè si può dividere non in altre unità, ma bensì in parti, che diciamo Frazioni. Incombe perciò a' Leibniziani dimostrare, che si danno Composti, e unità assolute, il che non hanno finora fatto. Una sola unità assoluta io trovo, che è Dio; le menti umane sono dirò così parti infinitesime rispetto ad essa, e perciò non semplicissime a suo riguardo. Onde servendomi dello stesso Assioma, così argomenterò contro a' Leibniziani. La natura dell'estensione consiste nell'aver sempre parti una fuori dell'altra; levate queste, non ci è più estensione; ma d'ogni cosa c'è la sua ragione; dunque l'estensione ha per ragione sufficiente della sua esistenza le parti, che vanno sempre all'infinito; cioè gli *Atomi di mole*, non già di natura.

36. Dimostrata l'esistenza di una sostanza dalla nostra mente distinta, che ha l'*Estensione*, la *Resistenza*, e la *Capacità* di moverfi, detta *Mobilità*, abbiamo nel tempo stesso poste fuori d'ogni dubbio le tre principali affezioni, che sono a tutt' i corpi *communi*, e *costantemente* in essi si trovano. Dall' estensione nascono due effetti nel corpo, cioè la *Figurabilità*, e *Divisibilità* del medesimo. Imperocchè essendo i corpi estesi, possono per conseguenza ricevere diverse figure, e le loro parti distinguerfi una dall'altra. Dalla resistenza nasce l'*Impenetrabilità*, e *Solidità*; perchè resistendosi vicendevolmente le parti della materia, ne siegue, che quando sono vicine, una non può occupare il luogo di un'altra, senza escluderla da questo, o che è lo stesso, non può penetrarla. Quindi nasce, che varie parti unite non penetrandosi formano un composto di più parti, ovvero un *solido*. Onde meritamente il Locke nel Sag. dell'Intend. *lib. 2. c. 4.*, §. 2. dice, che i corpi per mezzo della solidità occupano il luogo. Dalla mobilità nasce il *Moto attuale*, e la *Gravità*, che dimostreremo commune affezione di tutt' i corpi. Da questi sei effetti delle tre primarie proprietà de' corpi sono prodotte tutte le *Proprietà secondarie*, che ancora si chiamano *Qualità sensibili*, come il caldo, il freddo, la *mollezza*, la fluidità, la durezza ec.

## S E Z I O N E II.

*Della Estensione.*

37. **E** Sfere esteso, ed aver parti una fuori dell'altra, che formano qualche lunghezza, e profondità, sono lo stesso. Fingetevi una Sostanza, che non abbia parti; questa per conseguenza non potrebbe più concepirsi estesa. Ma che cosa è questo *aver parti*? Ciò appunto è totalmente a noi ignoto; qualunque spiegazione ne diamo, se non ci lasceremo ingannare dalle parole, si vedrà, che a fondo significa lo stesso, che l'*Estensione*. Onde meritamente asseriscono i Metafisici, che l'intima essenza dell'estensione non è da noi conosciuta. Vedi Locke *Sag. dell'Intend. lib. 2. c. 13. par. 15. c. 23. par. 23.* Ora che questa estensione si trovi sempre, dove c'è materia, si rende noto dalle seguenti.

38. *Osservazioni.* Prendete qualunque corpo, per esempio un fasso, vedrete, che ha una determinata estensione, figuriamoci di un palmo solido; dividetelo in due metà, si diminuisce la sua estensione, ha meno parti, ma ne ha: dividetelo in tre, o in quattro, in cento, in mille ec. sempre osserverete, che si diminuisce l'estensione, e il numero delle parti; ma sempre è esteso. Finalmente si riduca una di queste parti impalpabile, e invisibile, giudicherete allora di avergli levata tutta l'estensione, e pure non ostante ne ha molta; perchè esposto sotto un Microscopio perfetto, ci troverete ancora una quantità prodigiosa di parti; e apparirà a' vostri occhi sotto la stessa estensione di prima. Né questa grandezza è una mera apparenza; perchè quando sentiamo alcune impressioni, che non dipendono da noi, è necessario, che ci sia fuori di noi una sostanza realmente estesa, che le produca §. 19. Il Microscopio non fa altro, che rendere efficaci all'occhio quei raggi riflettuti dalle minime particelle de' corpi, che per l'estrema sottigliezza di queste, non sono rimandati in dietro con molta forza. Prendete ora la più minima parte veduta con un perfettissimo Microscopio; questa esposta ad un altro più perfetto ancora strumento se far si potesse coll'arte, s'ingrandirà di nuovo; e in essa nuove parti distinguerete. Ciò forse accaderà agli occhi sottili delle mosce, delle formiche, e molto più di que' animalletti, che si trovano nel formaggio, nell'aceto, e negli altri fluidi, e per l'estrema loro picciolezza non vediamo. La potenza della vista non è in tutti gli animali la stessa; più piccoli sono, più perfettamente vedono: onde scoprendosi in natura ani-

animali minimi coll'ajuto delle lenti di vetro; è necessario, che vi siano ancora parti di materia proporzionate a queste viste diverse. Ma per conchiudere più brevemente, più che dividete un corpo, più diminuisce l'estensione; dunque arrivando a una parte non più composta di parti, il che però è impossibile, come dimostreremo in appresso, questa nè anche sarà più estesa; e perciò non sarà più quella sostanza, di cui parliamo, cioè *Materia*: Onde dove c'è *Materia*, ivi ancora si troverà l'*Estensione*.

39. All'Ipotesi delle Monadi Leibniziane, che sono per essi i primi elementi de'corpi, sufficientemente abbiamo risposto nel par. 35. Anzi contro sua voglia lo stesso Leibnizio ammesse le Monadi, per ispiegare l'estensione della materia, è obbligato a concepirla come un aggregato di esse. Così dice in una lettera scritta all'Hanschio li 4. Settembre 1716., *chiamo sostanziato, la unione di più Monadi*. Ora queste quando sono contigue, non si confonderanno insieme, ma faranno una fuori dell'altra; e perciò formeranno il *continuo*, ovvero un'estensione reale, non già immaginaria.

40. Dopo avere ad evidenza dimostrato, che dove c'è materia, ivi ancora ci debba essere l'estensione; può meritamente dimandarli *se dove c'è l'estensione, debba necessariamente trovarsi ancora la materia*. Tale questione si riduce a queste due, *se possa concepirsi, o se realmente si dia uno spazio senza materia*. La prima riguarda le nostre idee, la seconda è questione di fatto. Quanto alla prima, che ora esporremo, si vedrà chiaramente, che noi abbiamo idea di due sorte di estensione reale. La prima si chiama *Estensione pura, Spazio, o Vuoto*; l'altra *Estensione resistente, Materia, o Corpo*.

## P R O P O S I Z I O N E II.

*L'idea dell'Estensione pura è diversa da quella dell'Estensione resistente.*

41. **O** *Sservazioni*. Non è difficile il concepire due pezzi di marmo di quattro palmi in quadro insieme uniti. Supponete ora che si separino, e che Dio impedisca l'aria di non entrarci in mezzo; il che accaderebbe, se levasse all'aria il peso, e l'elaterio, per le quali cause corre ad occupare il sito occupato prima da' marmi. Ognuno facilmente concepirà la distanza, che è tra loro due, la quale ha larghezza, e lunghezza, e profondità senza esser corpo; questa è l'idea

l'idea dell'Estensione pura, distinta affatto dalla resistente. Di un simile argomento si serve Lucrezio Caro nato in Roma novant'anni prima della venuta di Cristo, ne' sei libri *de Rerum Natura*, per dimostrare l'esistenza del vuoto. *Lib. I. verso 385.*

*Postremo duo de concursu corpora lata*

*Si cita dissiliant: nempe aer omne necesse est*

*Inter corpora quod fiat, possidat inane.*

*Is porro, quamvis circum celerantibus auris*

*Confluat: haud poterit tamen uno tempore totum*

*Compleri spatium. Nam primum quemque necesse est*

*Occupet ille locum, deinde omnia possideantur.*

Quantunque una tale ragione non serva per dimostrare l'attuale esistenza del vuoto; perchè risponde un Cartesiano, che l'aria sottilissima penetrando i pori tutti de' marmi, nel mentre che si separano, viene nel tempo stesso ad occupare tutto il luogo da essi lasciato; ciò non ostante è ragione, che pruova la possibilità del vuoto, se concepiamo, che i marmi siano perfettamente solidi, cosicchè non diano passaggio nè anche all'aria sottilissima, e così fisci, che quando si toccano, perfettamente combacino. In tal caso certamente nel separarsi per esempio un dito, non può l'aria nello stesso momento scorrendo da ogni parte descriver due palmi di spazio; onde in mezzo a questi marmi resterebbe la pura estensione. Così ancora ognuno può idearsi, che da una camera perfettamente chiusa Iddio levi l'aria, e impedisca, che nuova non entri, in tal maniera concepirà ancora il vuoto. Dirà un Cartesiano, che in tal caso i muri si toccherebbero; benchè non veda, perchè debbano toccarsi, la consistenza de' quattro muri d'una camera dipendendo dall'essere perpendicolari alla terra, di calcina tenace, e ben connessi insieme, non già dall'aria di dentro; ciò non ostante loro concedendo tutto, devono altresì accordarmi, che noi possiamo concepirlo. E di fatto nasce da' pregiudizj dell'infanzia, o da altro motivo, se attentamente consideriamo ciò che accadeva in noi quando eravamo piccioli, vedremo, che abbiamo costantemente giudicato, che le camere erano vuote d'ogni corpo, quando non spirava alcun vento; dunque concepivamo uno spazio senza materia.

42. *Osservazioni.* Vediamo i corpi bene spesso muoversi, o passare da luogo in luogo; ora in questo caso sempre concepiamo il luogo, in cui passano come vuoto d'ogni corpo. Perchè movendosi un corpo, o che il luogo in cui va, è corpo, o niente, o uno spazio reale: se è  
corpo,

*corpa*, allora due corpi si penetrerebbero, lo che è assurdo; se *niente*, allora il corpo movendosi anderebbe nel niente; cioè si distruggerebbe; dunque il luogo in cui passa un corpo, quando si muove, deve essere una reale capacità, cioè un'estensione non resistente.

43. Dirà forse un Cartesiano, che movendosi un corpo, passa dalla vicinanza di quelli, che prima lo toccavano, alla vicinanza di altri, che non lo toccavano; onde resta sempre in se stesso; e questa è l'idea del luogo. Dirà qualcuno col Leibniz Tom. 1. *du Recueil*, lettera 5, a Samuele Clarcke, che il luogo non è altro, che una somiglianza di relazione di diverse cose, le quali nel tempo stesso esistono una fuori dell'altra.

44. Ciò che avanzano i Cartesiani, o il Leibniz, si può loro francamente accordare, non essendo altro, che riflessioni fatte dalla nostra mente sopra lo spazio. Ma quando un corpo si avvicina ad un altro, e muta relazione tra' corpi, se resta in se, allora non ha fatto altro, che girare intorno a se stesso, e perciò non tocca nuovi corpi, ma solamente que' di prima; onde non si è mosso con quella specie di moto, che si chiama *locale*. Dunque per concepire questo, è necessario immaginarsi un luogo. Ma replicheranno col Leibniz, nel luogo citato, e nel Tom. 2. dove risponde al Bayle: Non può darsi un continuo dell'istessa specie, tale sarebbe la pura estensione, tutte le parti della quale sono omogenee; Dunque l'estensione pura, come anche il tempo assoluto, e il moto uniforme sono finzioni dell'immaginazione nostra. L'impossibilità di questo continuo la dimostra Hanschio nel teor. 19. de' suoi Principj Leibniziani. Ne' composti troviamo delle variazioni; di modo che è impossibile trovare due cose perfettamente simili; onde anche gli elementi di questi composti devono essere dissimili. Perciò deduce Hanschio nel teor. 20. che non si dà un composto perfettamente omogeneo. Ora chi non vede apertamente il circolo vizioso di questa dimostrazione? Non ho dubbio, che in molti composti si trovano delle variazioni; ma in quelli che nascono da parti della stessa natura, non vedo come possa esserci, quando queste siano in tutto perfettamente simili, come appunto sono le parti dell'estensione pura, e del tempo assoluto. Nè mai dimostra l'Hanschio l'impossibilità di tali parti. Dunque non sono mere finzioni dell'immaginazione, ma noi nel concepirle ne abbiamo fondamento; e sebbene fossero immaginarie, a buon conto potremmo immaginarci questa estensione pura, lo che basta al nostro assunto §. 40.

45. *Osservazioni*. Due idee allora sono realmente diverse, quando

do hanno attributi totalmente contrarj; ma tali sono l'idea dello spazio, e del corpo; perciò devono essere distinte. L'estensione pura non si può concepire *finita*, assolutamente parlando. Imperocchè o è limitata da un'altra estensione pura, o da un'estensione resistente; in amendue i casi fuori d'essa vi è ancora estensione; perciò la pura estensione, assolutamente parlando, sempre si concepisce non limitata: cioè *infinita*. Se qualcuno dicesse, che quest'estensione può esser limitata dal niente, allora farebbe di questa parola niente una cosa reale, oppure una tale proposizione avrebbe questo senso, *niente limita l'estensione*; cioè l'estensione pura è *illimitata*. All'incontro possiamo concepire agevolmente l'estensione resistente limitata dall'estensione pura. Porto la mano sopra una tavola, sento resistenza; arrivato che sono all'estremità d'essa non ne sento più: ecco finita l'estensione resistente. Ripiglierà qui alcuno, quando siete colla mano nel puro spazio, tornate in dietro verso la tavola; subito che arrivate ad essa non potete per la resistenza andar più avanti; ecco dunque finita l'estensione pura, e per conseguenza limitata dalla resistenza. A ciò rispondo, che è limitata l'estensione pura relativamente alla mia mano, la quale non può più andare avanti, perchè trova una resistenza, cioè non può penetrarsi colla tavola. Non così però accade del mio pensiero; onde assolutamente parlando, cioè secondo la realtà delle cose, che dalla mente umana sono considerate, l'estensione ancora va avanti; altrimenti bisognerebbe dire, che la resistenza incontrata dalla mia mano non avesse alcuna estensione; cioè fosse una monade Leibniziana, già abbastanza dimostrata per chimerica. In secondo luogo l'estensione pura è *immobile*, la resistente può concepirsi in moto. Fingete che il puro spazio si muova; nel luogo, che lascia, o ci resta niente, o l'estensione: se il primo, dunque l'estensione, che si è mossa, era nel niente, cioè non v'era; se c'è restata ancora estensione, è segno che questa non si è mossa. E in vero la pura estensione è il primo luogo di tutt' i corpi, nel quale sono collocati per riguardo al diverso sito, che occupano: in quella forma che il tempo si dice essere quel luogo, dove le cose create sono poste per l'ordine, col quale una succede all'altra. Ora è impossibile idearsi, che il luogo primo si muova; quando ciò accade, si muoverebbe per così dire da se stesso, cioè si distruggerebbe. Per lo contrario comprendiamo facilmente, che un corpo passi da luogo a luogo, ogni qual volta che la resistenza da noi sentita qui, la sperimentiamo altrove. Per ter-

zo finalmente l'Estensione pura è *infertile*, ovvero non possiamo figurarci le sue parti separate una dall'altra. Imperocchè per potere una parte fegregarsi da un'altra, è necessario, che tra esse ci s'interponga qualche cosa diversa; ma qualunque cosa si collochi tra le parti dello spazio, sarà estesa, e perciò spazio; dunque la pura estensione è infertile. Questa ripugnanza a potersi dividere nasce dalla sua immobilità. Ma all'incontro le parti resistenti sono *fertili*, perchè tra esse possiamo concepire una distanza senza alcuna resistenza.

46. Sufficientemente parmi dimostrato, che abbiamo l'idea distinta di due specie di estensione, e perciò lo spazio puro non è una mera relazione d'un corpo a' suoi vicini, come il Cartesio, e Leibnizio pretendono. Ma sopra ciò possono vedersi le lettere di Leibnizio raccolte da Cristiano Kortolto, stampate in quattro volumi a Lipsia negli anni 1738. e 1742. o la raccolta Francese di Maizeauz delle dissertazioni tra Leibniz, Clarcke; e Newton in due tomi stampati in Amsterdam nel 1720.

47. Lo Spazio è *assoluto*, o *relativo*. Quando io considero questa vasta estensione, in cui è situato il Sole, la Terra, i Pianeti, e le Stelle, senza però aver riguardo ad essi, anzi concependo, che non ci siano; questo è lo Spazio assoluto, che è in tutte le sue parti *simile*, *infinito*, *immobile*, e *infertile*. Ma se questa stessa Estensione la riguardo relativamente ad uno, o più corpi, allora si dice Spazio relativo §.45. Onde tale sarà la distanza tra la terra, e l'sole, lo spazio occupato dall'aria, che è intorno la terra; quello che si concepisce nelle viscere di essa ec. Questo spazio relativo è lo stesso in ispecie, e in grandezza, che l'assoluto, essendo una parte di esso considerata relativamente a' corpi. Perciò siccome questi si muovono, così anche lo spazio relativo si muoverà, o per dir meglio non resterà sempre lo stesso di numero. Movendosi la terra, muta con essa ancora luogo quello spazio vuoto, che si trova nelle sue viscere; cioè non è più la stessa parte di spazio assoluto. Di più quest'estensione è limitata, e fertibile per l'interposizione di più corpi; nel mentre che lo spazio assoluto resta sempre lo stesso.

48. Il *Luogo* è quella parte di spazio, che viene occupata da un corpo; onde il luogo assoluto sarà una parte dello spazio assoluto, il *relativo* del relativo. Il luogo non è il sito, nè la relazione di un corpo tra più corpi, o pure un aggregato di siti; come pretende il Leibniz. Il sito non è che un' affezione del luogo, o una positura particolare del

del corpo, che già occupa il luogo; la relazione d'un corpo è un atto o riflessione della nostra mente, fatta sopra il corpo già collocato. Di più non si può dire, che sia il corpo stesso, o la superficie, che immediatamente circonda il corpo. Così pretende il Cartesio, dicendo ne' Principj della Filosofia parte 2. §. 15. tradotti in Italiano in Napoli nel 1722., che il luogo altro è interiore, altro è esteriore; il primo è lo stesso, che il corpo, il secondo, che la superficie. Lo stesso afferma Giacomo Rohault nato a Amiens nel 1620., morto nel 1675. nella sua Fisica, ediz. Veneta 1740. parte 1. Cap. 8. §. 4. Quanto al primo è stato abbastanza discusso nella Prop. 2.; che poi il luogo esterno non sia la superficie, è chiaro dall'osservare, che un bicchiere, una scatola, una caraffa possono essere della stessa capacità, o contenere la stessa quantità d'acqua, vale a dire occupare luogo uguale; e pure le loro superficie faranno disuguali. Infiniti esempj di due solidi uguali fra loro, e che hanno le superficie ineguali, ci somministra la Geometria solida. Per lo contrario due corpi possono avere le loro superficie uguali, e i luoghi che occupano non essere tali. Così nella prop. 26. de' Teoremi scelti d'Archimede dimostra il P. Andrea Tacquet Gesuita, che se intorno ad una sfera si descrive un Cilindro, la sua superficie è uguale a quella di essa; ma la solidità del Cilindro è a quella della sfera come il numero 3. al numero 2., come pruova nella prop. 32. del libro citato.

49. Dunque il *Luogo occupato da un corpo è interno al corpo, è in tutto il corpo, ma realmente da esso distinto*, come apparisce evidentemente, quando il corpo si muove. Onde interrogati, se il Mondo tutto sia in un luogo, risponderemo affermativamente; perchè occupa una parte di questo immenso spazio, nè faremo come Aristotele, che nel libro 4. de *Physico auditu* ediz. Veneta 1546. testo 46. dice, che il Mondo non è nel luogo. *Est autem locus, non cælum, sed cæli quiddam, ultimus scilicet, & tangens mobile corpus, terminus quiescens: & ob hoc terra quidem in aqua est, hac vero in aere: hic autem, in aethere, & aether in cælo; cælum autem non amplius in alio est.*

50. Lo spazio, e il luogo assoluti non sono soggetti a' nostri sensi, ma solo i relativi. Se voglio concepire uno spazio, devo subito per immaginarmelo fare, che sia determinato da più corpi, o parti di materia, che lo circondano. Quindi avviene, che per misurare lo spazio e il luogo assoluto ci serviamo de' relativi, i quali il volgo prende per assoluti, quantunque non siano tali. Il luogo occupato per esem-

pio dalla terra in questa vasta e infinita estensione del Mondo lo determinano i seguaci di Tolomeo relativamente alle stelle fisse, che suppongono essere nella superficie di quella sfera, il di cui centro è occupato dalla terra. Per lo contrario i Copernicani, che suppongono il Sole collocato nel centro del Firmamento, o Cielo stellato, stabiliscono il luogo, che occupa la terra col misurare la distanza di essa dal Sole, che concepiscono come immobile.

## C A P O I.

*Divisibilità dell'estensione.*

51. **D**imostreremo nel §. 38., che dove c'è materia, quivi ancora deve esserci l'estensione: ora si può cercare se prendendo un' estensione, e dividendola col pensiero nelle sue parti; finalmente dobbiamo arrivare a tali parti, che di altre non siano composte, ma si concepiscano come *punti indivisibili*, così chiamati, perchè ulteriormente non possono dividersi. Giudicarono alcuni Filosofi, tra quali si numera Zenocrate, e per alcuni Zenone, che il *continuo*, o l'estensione tanto pura, che resistente fosse composta di punti e linee indivisibili, i quali chiamavano punti matematici, perchè privi d'ogni dimensione. Questi sono diversi affatto dalle Monadi Leibniziane, perchè non si distinguono tra loro, che nel solo numero; là dove quelle hanno per Leibniz un principio di moto ciascheduna, e particolari qualità; come dimostra Hanschio nel Teor. 18. de' Principj Leibniziani. Poco diversamente pensarono Leucippo, e Democrito giudicando, che gli Atomi, de' quali i corpi sono composti, non avessero altrimenti parti. Galileo nel Dialogo 1. Tomo III. delle sue opere stampate in Padova nel 1744. ammette anch'esso le parti indivisibili non quante; ma queste però dice esser nè finite, nè infinite nell'estensione, ma tali, che corrispondono ad ogni dato numero. Non ammette egli un numero infinito, parendogli ripugnante il concederlo; ma vuole, che queste parti siano senza limite; cioè se si dimanda se sono duemila, un milione, mille milioni ec. sempre si potrà rispondere di sì. Questa appunto è l'idea che abbiamo dell'infinito, non potendo comprender la nostra mente un numero infinito, ma bensì un numero, che vada in infinito. Ma che ripugni un numero infinito; dimostreremo il contrario nella soluzione delle obbiezioni; intanto ora col comune di tutti i Filosofi stabiliamo che l'estensione non è composta d'indivisibili.

P R O.

## PROPOSIZIONE III.

*L'Estensione pura, e resistente sarà divisibile in infinito.*

52. **L'**Estensione è quella Sostanza, che è composta di parti; dunque la sua natura è tale, che sempre dove essa si trova, devono anche esserci delle parti; e perciò se la concepiamo dividerci, non terminerà mai questa divisione. Onde l'estensione è composta di parti divisibili in infinito.

53. L'indivisibile è quello, che non ha parti, e perciò non è esteso. Si mettano contigui due di questi punti, siccome essi non occupano luogo separatamente presi; così nè anche uniti l'occuperanno; e perciò due punti, e lo stesso si può dire di tre, quattro, cento, e infiniti presi insieme non potranno comporre alcuna estensione. Onde dicono comunemente i Geometri, che due punti non fanno, che un solo punto. Quindi l'estensione non può esser composta di punti indivisibili, ma deve concepirsi la loro divisione illimitata.

54. Ma replicherà alcuno, siccome il numero è composto di non numeri, cioè unità, che non sono numero, ma principio di numero; così l'esteso può esser composto da non estesi, ovvero indivisibili. Rispondo, che la disparità è manifesta dalla definizione di ammen-due. Numero si dice un aggregato di unità, o di cose, che si concepiscono non divise; se fossero divise sarebbero numero, e non unità. Per nome di Esteso intendiamo quello, che ha parti una fuori dell'altra; Dunque i suoi elementi dovranno ancora essere estesi, e occupare un luogo; altrimenti nè anche l'estensione l'occuperebbe.

55. L'Estensione o è in lungo, e si chiama *linea*; o in lungo, e largo, e si dice superficie; o in lungo, largo, e profondo, ed è *solido*, o *capacità*. Prendete una linea; e dividetela per metà, il punto della vostra divisione farà la metà della linea distante dalla sua estremità. Questa mezza linea tagliatela di nuovo per metà, sarete lontano dal suo termine la quarta parte di essa. Questa quarta parte dividetela in due, sarete discosto dal suo estremo l'ottava parte della prima linea; e così facendo in infinito, vedrete, che sempre siete lontano dall'ultimo della data linea la metà di quel che resta di essa. Onde non si può mai col dividerla giungere al suo fine, e perciò si diminuirà sempre in infinito. Lo stesso accade, se la tagliate in tre

in tre parti, e l'ultima di queste di nuovo in tre ec. lo stesso se la dividete in 4. in 5. ec., e così all'infinito. Dunque nell'estensione si concepisce un infinito numero di parti; e queste saranno *infinitamente piccole*, ovvero minori di qualunque altra. Quello che si è detto della linea, si può ancora applicare alla superficie, ed al solido.

56. Da questa dimostrazione si ricava, che ogni quantità si concepisce composta d'un numero infinito di parti *infinitesime*, o d'una sottigliezza non determinata, decrescenti sempre in infinito; e che queste avranno tra loro le stesse porzioni, che passano tra' numeri finiti, cioè quella stessa, che hanno i corpi, da' quali si prendono; onde una potrà essere doppia, tripla, quadrupla, ec. d'un'altra. Tale dottrina ci dà il fondamento del *Metodo infinitesimale*, di cui si servono i moderni Matematici, per iscoprire le più recondite proprietà di qualunque specie di quanto.

57. Potrà però qualcuno opporre, che se ciò fosse, ogni quantità farebbe infinita, perchè composta d'un numero infinito di parti, o di estensioni, le quali non possono dare, che un'estensione infinita.

58. La stessa dimostrazione porta con se la risposta. Dividendo sempre per metà il resto della linea, o arriviamo al suo estremo punto, e allora non abbiamo diviso il penultimo restante in due metà; contro l'ipotesi; o non ci arriviamo mai, e allora questa linea, che abbiamo presa finita dal principio, deve concepirsi in vigore della dimostrazione composta d'un infinito numero di parti.

59. Questa dimostrazione però è una di quelle, delle quali il nostro intendimento resta *convinto*, perchè deve assentire sempre al vero, quando è tale; ma non resta però *illuminato*. Gli si fanno avanti tante difficoltà in un colpo, che la giudica una proposizione sorprendente, e non intelligibile, ovvero un *Paradosso*, quantunque ne resti persuaso. Ora per illustrarla quanto è possibile, convien riflettere, che dividendo una linea, o qualunque altra quantità per esaurirla, ed arrivare alla sua estremità, conviene prendere in essa parti *uguali* sempre, e *limitate*. Per esempio, se la linea farà di dodici dita, prendendo un dito per volta, o mezzo dito, o un quarto ec. arriverò finalmente al suo ultimo termine. Ma ciò seguirà sempre più tardi; quanto più picciola farà la parte prima, che prendo di essa. Onde prendendo alla prima un dito, dopo averne scorsi dodici, sarà finita la linea; pigliando un mezzo dito, dopo averne passati ven-

tiquat-

tiquattro mezzi ec. Dunque se prenderò alla prima una parte minore di qualunque si possa assegnare, cioè non terza, nè quarta, nè quinta parte di un dito; ma infinitesima, non arriverò mai alla sua estremità. Perciò questa linea, e ogni altra quantità è composta d'un numero infinito d'infinitesime. Può darfi ancora, che le parti da me prese d'una linea siano finite, e che non siano ugualmente grandi, ma continuamente *decrescenti*. Anche in questo caso Ogni quantità finita potrà concepirsi composta d'un infinito numero di parti finite *decrescenti*. Se prendo infinite linee lunghe tutte un dito; quelle mi daranno una linea infinita, cioè infiniti dita. Ma se la prima parte è lunga un dito, l'altra mezzo, la terza un quarto, la quarta un ottavo di dito; e così andando sempre per metà pigliando, ognuno facilmente concepisce, che resterà di gran lunga sotto l'infinito; e perciò la linea da me presa sarà finita, quantunque il numero delle parti, che prendo, sia infinito.

60. Ora giacchè siamo sul discorso degl'infinitesimi, e degl'infiniti, possiamo ancora dimostrare, che negl'infiniti ancora si danno le stesse relazioni, che tra i finiti. Concepisco un infinito numero di passi, un altro di piedi, un altro di dita. Ma il passo fa 60. dita, il piede 12.; dunque il primo infinito sarà cinque volte maggiore del secondo, questo dodici volte maggiore del terzo, o del numero infinito di dita.

61. Si offervi però, che tutti questi infiniti sono *relativi*, non *assoluti*. *Infinito assoluto* si chiama quello, che da ogni parte è infinito, e però di questo non ce n'è che uno. *Infinito relativo* è quello, che per riguardo ad un'altra quantità è tale, in se però è finito. Così nel misurare l'altezza d'una montagna, se qualche vento portasse via un grano d'arena dalla sua cima, ciò non ostante diremo d'averla misurata esattamente, perchè la sua elevazione è infinita rispetto all'altezza d'un grano d'arena. Ora quest'altezza, anzi tutto il diametro della terra è infinitesimo rispetto alla distanza, che c'è tra noi e le Stelle fisse; perchè quantunque siamo sulla superficie terrestre, pure vediamo sempre la metà del Cielo, dimodochè la curvità della terra non ci impedisce, e perciò è insensibile, e come un punto la terra tutta paragonata colla gran palla del Mondo. Ecco in un'occhiata tre linee finite, il diametro della sfera mondana, quello della terra, e d'un granello d'arena, che una rispetto all'altro è infinita.

62. Ma questo accade solamente per riguardo de' nostri sensi, che

che non sono infinitamente piccioli; non già se consideriamo le tre accennate linee colla mente; avranno queste una relazione tra loro determinata; non già quella che ha l'infinitamente picciolo col suo infinito, che abbiamo già definito §. 55. L'infinitesimo non è assegnabile, è quanto; ma la sua quantità si concepisce, che sempre si diminuisca senz'alcun limite, onde non ha alcuna quantità determinata. Immaginatevi due linee disuguali, e che la più picciola vada insensibilmente crescendo per uguagliare la maggiore si diminuirà ogni momento la differenza, che passa tra esse. Questa differenza diviene *infinitesima*, non prima che le due linee si facciano uguali, nondopo, che lo sono, ma nell'atto stesso, che vi diventano. Queste parti infinitamente picciole sono state già adombrate dal Galileo dial. 1. citato, ove dice, che non son quante, ma indivisibili, ed infinite ne' corpi, non si è così bene espresso come il Newton, e il Leibniz, ma avendole poste infinite, non potea certo parlare degl'indivisibili, o punti geometrici, ma di parti infinitesime, o minori di qualunque assegnabile.

63. Dimostrata la divisibilità infinita dell'estensione pura, resta anche provata quella della *materia*; e perciò sono impossibili gli Atomi, che ammetteva Democrito. Imperocchè ogni parte di materia occupa luogo, ed ha qualche figura, ma il luogo è divisibile in infinito; tale dunque ancora deve essere la materia de' corpi. Immaginatevi, se può accadere, una particella di materia indivisibile, non più composta di altre parti. Concepitela posta tra due piani di marmo, perfettamente lisci, e stringeteli. Questi si toccano in tutt'i loro punti, o no. Se il primo, dunque niente c'è di mezzo, e perciò la particella indivisibile è niente. Se il secondo; ne viene in conseguenza, che questa particella avrà almeno due facce, con una delle quali toccherà il marmo destro, coll'altra il sinistro; e ciò potendosi dire di qualunque di queste metà, si deduce chiaramente, che ogni parte di materia per picciola che sia, è composta di parti infinite. Che più, abbiamo dimostrato §. 38., che dove c'è materia, si trova ancora l'estensione; ma questa è divisibile in infinito; dunque tali anche saranno i corpi.

64. Pietro Bayle nell'articolo di Zenone alla lettera G, come accennammo al §. 29. contro la divisibilità dell'estensione così argomenta. 1. Un infinito numero di parti estese, ciascuna delle quali occupa luogo separatamente dall'altre, non può capire nel luogo occupato da una

una particella cento mila milioni di volte più picciola d'una centomillesima parte d'un grano d'orzo. A ciò rispondiamo, che l'argomento è vero, se queste parti hanno un'estensione finita ed uguale; ma non già se questa è infinitesima, o pure sebbene finita, sono sempre decrescenti queste parti, come abbiamo dimostrato §. 55. 59. 2. Posta la divisibilità in infinito non potrebbero più le parti della materia essere contigue. Imperocchè ogni parte d'estensione sarebbe separata dalle altre per un infinito numero di parti; e perciò l'immediato contatto di due parti non lo avremmo nè nella prima, nè nella seconda ec. ma andrebbe in infinito, onde sarebbe impossibile. A questo si risponde, che siccome ciascuna parte quantunque ne contenga infinite altre, ciò non ostante, prese insieme queste non fanno, che una parte finita, che ha i suoi limiti; così questa colla sua estremità potrà toccare quella d'un'altra; dal che si spiega la *contiguità* de' corpi. 3. Posta la divisibilità conviene ammettere la *penetrabilità* de' corpi. Si muova un globo sopra una tavola, nel punto, in cui la tocca, si compenetra con essa. Perchè quel punto del globo, e quello della tavola, che si toccano sono divisibili in infinito per lungo, largo, e profondo; dunque o non si toccano, il che è assurdo, perchè il globo cammina sulla tavola, e non in aria; o si toccano secondo tutte tre le loro dimensioni, o che è lo stesso, si penetrano. Dalle cose dette precedentemente non è difficile il vedere, che queste parti avendo le loro estremità, si toccheranno secondo queste, e perciò non è necessario, che si penetrino; lo che è impossibile posta la natura resistente della materia. Il globo toccherà in più punti la tavola, perchè è impossibile fare un globo, e un piano perfettamente lisci; ma ciascuno di questi toccherà il suo corrispondente colla sua estremità.

65. Evidentemente dalle cose dette resta dimostrato, che l'Estensione, o sia pura, o resistente, è divisibile in infinite parti, siano queste *infinitesime*, o *finite ma decrescenti*, e perciò ogni corpo, e parte di esso sarà composta d'un infinito numero di parti minori. Parlando poi della materia, questa non solo sarà divisibile, ma di più si potrà una parte di essa *staccare attualmente* da un'altra, e ciò in infinito, a differenza dell'estensione pura, le di cui parti non possono separarsi come abbiamo dimostrato §. 45. Questa attuale separazione delle parti della materia andrà in infinito, almeno per l'Onnipotenza Divina; ma non già però si potrà attualmente mai compire. Imperocchè ripugna un'attuale *infinita separazione di parti infinite*. La divisione

in

in infinito è quella, che non si compisce mai: dunque non si potrà mai giugnere all'attuale infinita separazione, come altrove anche dimostreremo. Perciò la materia si dice da' Filosofi solamente *divisibile*, e *separabile* in infinite parti, non già attualmente divisa.

66. Ora questa dottrina dà luogo a nuove difficoltà, che si possono fare. 1. Essendo un corpo maggiore d'un altro, ed ognuno composto d'un numero infinito di parti, si darebbe un infinito maggiore d'un altro; ma questo è impossibile, perchè l'infinito è quello, a cui niente si può aggiungere; dunque ec. Tale difficoltà si scioglie con dire, che ciò è vero §. 61. parlando dell'infinito assoluto, non già del relativo. Ora il numero delle parti ne' corpi è un infinito relativo, perchè o prendiamo parti decrescenti, e queste possono essere metà, terze, quarte parti ec. §. 55., o prendiamo infinitesime, e queste non sono uguali in tutt' i corpi §. 56. ma se questi saranno tra loro come i numeri, 1. 2. 3. 4. ec. la stessa proporzione conserveranno ancora questi infinitesimi elementi. Ne seguirebbe per lo contrario, che un grano di sabbia farebbe uguale alla terra tutta; supponete, che Iddio dividesse e l'uno, e l'altro, non mai terminerebbe la divisione. Supponete, che delle parti d'un grano volesse riempire lo spazio occupato dalla terra, questo è possibile, perchè trova nel grano di sabbia quante parti vuole. Confesso che la divisione in tutti due va in infinito, ma ogni parte minima, che stacca dalla terra è tanto maggiore di quella, che separa dal grano di sabbia, quanto quella è più grande di questo; onde sebbene si terminasse questa divisione, il numero infinito de' minimi elementi della sabbia, non occuperà più luogo di quello d'un grano, purchè non si frappongano de' vuoti tra le parti d'esso. L'argomento proposto è simile a questo; Un braccio, un passo, un piede, un dito si possono dividere in dieci, cento, mille, un milione ec. e in parti infinite; dunque tutte queste misure sono uguali fra loro. Siccome è manifestamente falso questo raziocinio, così tale è ancora la difficoltà proposta. 3. Ripugna un numero attualmente infinito; ogni numero è pari, o dispari, se l'infinito è pari aggiungendoci uno diverrà dispari, se è dispari, accrescendolo d'uno, si farà pari; ma all'infinito niente si può aggiungere, dunque non può essere nè pari nè dispari, e perciò ripugna un numero infinito. Rispondo, che un tale numero non si può da noi comprendere è vero, ma non è assurdo, che attualmente si dia, e non sarà nè pari nè dispari. Questa divisione cade sopra i numeri finiti; ma l'infinito è quel-

è quello che supera tutt' i pari, e i dispari, dentro di se gli abbraccia, onde non è alcuno di essi, ma tutt' insieme. Se cominciando dall' 1. vado considerando il 2. il 3. e tutta la serie de' numeri naturali, osserverò, che il primo numero è dispari, il secondo pari, il terzo dispari, il quarto pari ec. in maniera tale che i dispari, e i pari alternativamente si succedono; ma questa serie va in infinito; dunque l' infinito trascende tutt' i pari, e dispari, e dentro li contiene. Quantunque colla nostra mente non possiamo comprenderlo, pure si concepisce questa serie, che non ha mai fine.

67. Finalmente contro l' infinita divisione così discorrono alcuni; posta questa non si darebbe alcun determinato elemento de' corpi; ciascuno, che s' assegnasse, sarebbe composto di parti ancora minori, e d'altri elementi; perciò non essendoci gli elementi, non ci sarebbero i corpi, che di questi sono composti. A questa obbiezione si potrebbe rispondere, che noi non possiamo comprendere questi elementi; perchè tanto gl' infiniti, quanto gl' infinitefimi ci sono inconcepibili; ma non già così l' infinita sapienza; e ciò basta perchè si diano gli elementi de' corpi. Ma per rispondere più adeguatamente, dico non essere le parti infinitefime elementi de' corpi, ma della materia, gli elementi di quelli, come vedremo in fine della Fisica generale; sono parti infettibili, non perchè non siano di altre composte, ma per la loro forte coesione, che da alcuna forza naturale non può essere superata. Spiegati così gli elementi de' corpi, ognuno potrà agevolmente concepirli.

C A P O I I.

*Divisibilità dell' Estensione Matematicamente.*

68. **L**E verità naturali quando sono bene dedotte dalle osservazioni, e dimostrate con ordine portano la scienza fisica alla sua perfezione; ma se il semplice raziocinio è aiutato dalle matematiche, molto più si avvanza questa scienza, e sale dirò così a quell' alto grado, che mai si possa desiderare. L'Analisi, la Geometria, e l' Aritmetica, sono quelle, che corroborano maggiormente i discorsi fatti per mezzo delle sperienze, e ci aprono un campo più vasto per ritrovare il vero ascoso sotto il velame della materia inerte. Suppongo il Lettore già instruito nell' Aritmetica, e Geometria; e che sappia almeno le prime operazioni algebriche, che si fanno sulle lettere dell' Alfabeta, come sui numeri.

## 34 CAPO II. DIVISIB. DELL' ESTENS.

Tav. 1.  
Fig. 1.

69. Siano le due linee AC, DL equidistanti tra loro, o parallele; calata la perpendicolare ad esse BE, si prenda un punto ad arbitrio nella parallela di sopra, per esempio A, e sopra la EL si pigliino i punti arbitrarij I, H, G, F, L ec. dal punto A, a tutti questi si tirino le linee AI, AH, AG, AF, ec. le quali passando per BE, taglieranno da essa le parti Mn, nr, rs, ec. La linea EL si può concepire prolungata in infinito; e perciò in essa potremo prendere infiniti punti andando da E verso L; onde dal punto A a tutti questi punti si potranno ancora tirare infinite linee. Ma tutte devono passare per MB, e tagliarla in parti; dunque la linea MB sarà divisibile in infinito. Fingete se può accadere, che l'ultima di queste linee tirata dal punto A, ad un punto per esempio L, della parallela EL, finalmente passi per B non tagliando più MB. Essendo tirate da' due punti A, B due linee ABC, ABL devono queste due linee combaciarsi, altrimenti avrebbero la parte AB comune contro la Geometria; ma la linea ABL è tirata dal punto A al punto L; dunque la parallela DL concorrerà con la parallela AC, contro l'Ipotesi. Perciò niuna linea tirata dal punto A ad un altro preso sopra EL, potrà mai passare per lo punto B; onde sempre la MB si diminuirà senza non mai consumarsi interamente.

70. Nel tempo stesso si concepisce come la superficie AMB si divida in parti infinite; perchè il triangolo ASB diventa sempre più picciolo, ma non può ridursi in niente. Così ancora, se concepiamo il triangolo BAM girarsi intorno la linea BM immobile, verrà da questa rotazione prodotto un solido, chiamato cono; e anch'esso sarà diviso in parti, che andranno in infinito. Dunque tutte tre le dimensioni dell'estensione §. 55. sono composte d'un infinito numero di parti. Non molto diversa è la dimostrazione fatta da Giovanni Keill Lez. 3. dell'Introduzione alla vera Fisica, e Astronomia.

Tav. 2.  
Fig. 1.

71. Data qualunque linea CB, si ponga ad essa a qualsivis angolo CA. Questa può slungarsi in infinito; e quantunque sia prolungata potremo da qualunque estremo punto d'essa tirare una linea al punto B. Ma nella CA possiamo prendere infiniti punti, perchè va in infinito; e dall'ultimo, dirò così, al punto B si può condurre sempre una linea; e da tutti gli altri presi a, c, e, g, i, ec. altrettante parallele ad AB; dunque BC sarà divisibile in parti infinite; perchè tutte queste parallele essendo equidistanti tra loro, non potranno mai

mai unirsi, ma dovranno per necessità tagliare la BC. Data perciò qualunque linea, sarà sempre divisibile in parti.

72. Sia la retta BC, si prenda di essa una parte indivisibile se può darfi Bg, che per evitare la confusione la prendiamo più grande di quello, che farebbe. Applicata BA a qualunque angolo prendete in essa ad arbitrio tre parti uguali Bc, cb, ba; tirata ag, dal punto csi meni ce parallela a questa; taglierà necessariamente Bg, e in maniera tale che Be sarà la terza parte di Bg, come Bc lo è di BA. Perchè essendo e BC, gBa triangoli simili; sarà secondo il *lib.6.* d'Euclide *prop.9.*  $Be : Bg :: Bc : Ba$ . Dunque di Bg abbiamo trovato la terza parte; e perciò non era indivisibile. Colla stessa maniera prendendo nel BA quattro, cinque ec. parti uguali; troveremo la quarta, quinta ec. parte di Bg; e così in infinito; dunque Bg sarà senza alcun limite divisibile.

Tav. 2.  
Fig. 2.

73. Immaginatevi d' avere trovato una parte di BC minore di qualunque assegnabile, collo stesso Metodo poco fa esposto, e sia questa la Bg; potrete di Bg trovare la metà, la terza, quarta ec. parte, e anche l'infinitesima, che essendo infinitesima di Bg infinitamente picciola per ipotesi, si dovrà chiamare infinitesima di secondo ordine. Andando di questo passo è chiaro, che non solamente tra l'infinitesime si danno le stesse relazioni di metà, terza parte ec. come tra le finite, secondo quello che dimostrammo (56); ma ancora dovranno ammettersi nell'estensione, e perciò nella materia (38), varj ordini di parti infinitamente picciole, e ciò all' infinito.

74. E' noto presso i Geometri, e lo dimostra Euclide *prop. ult. lib. 10.*, che si trovano delle linee tra loro *incommensurabili*, la ragione delle quali non si può esprimere con numeri. Una di queste è la diagonale del quadrato paragonata col lato di esso. Non è difficile a dimostrarlo coll'Analisi, se il lato AB, ovvero BC si chiami a; per la 47 del 1 d'Euclide sarà  $a^2 + a^2 = AC^2$  onde  $AC = \sqrt{2a^2}$ , e perciò  $AC = a\sqrt{2}$ , ma la radice quadrata del numero 2 non c'è; dunque la diagonale AC non si può esprimere con numeri; e nè anche la relazione tra essa e il lato AB.

Tav. 1.  
Fig. 2.

75. Posti gl' incommensurabili si discorre così. Fingete, che l'estensione fosse composta d' indivisibili. Ciascuna linea conterrebbe un numero determinato di queste parti; a motivo che non ci farebbe nè la metà, nè la terza ec. parte di esse. Onde la diagonale AC fa-

rebbe composta anch'essa d'un numero determinato di tali indivisibili; e perciò la relazione, che ha col lato AB si potrebbe per numeri determinare, e non farebbero incommensurabili, contro la dimostrazione §. 74. il 76. Giambattista du Hamel nato a Veron nella bassa Normandia il 1624., pretende nella sua Filosofia antica e moderna ristampata in sei tomi a Amsterdam nel 1700., e più volte dopo in Venezia, che non possiamo applicare gli argomenti geometrici alle cose fisiche; perchè quelli sono ideali, e queste reali; l'Ipotesi de' Geometri non sono vere, nè possibili. Il Geometra dice, che il punto è quello in cui non si concepiscono parti; una tal cosa nè si fa, nè è possibile. E che ciò sia vero viene confermato dall'osservare, che sebbene il Geometra cerchi di potere dal punto A tirare più linee a diversi altri punti presi sopra EL, ciò non ostante in pratica appena trenta se ne potranno fare, che non coprano immediatamente tutta la linea MB, e tra loro si confondano. Così ancora una sfera perfetta sopra un simile piano non si toccherebbero, che in un solo punto indivisibile; ma in pratica non troverete mai un caso simile. Altro è il corpo matematico, altro è il corpo fisico; il primo è divisibile in infinito, non così il secondo.

Tav. 1.  
Fig. 1.

77. Rispondo che l'applicare gli argomenti geometrici a fisici, non è un fare passaggio dallo stato ideale al reale. Sono ugualmente reali le Ipotesi de' Geometri, che quelle di Fisica. Ogni corpo ha i suoi limiti, i quali sono superficie; queste considerate come l'ultimo confine del corpo sono senza alcuna profondità; e perciò solamente lunghe, e larghe; come appunto è una superficie geometrica. Se avessero qualche profondità non sarebbero ultime; onde avremmo altre superficie per limiti di quelle. Dimanderò di nuovo, se queste hanno alcuna profondità; e così andando all'infinito, o che i corpi andranno in infinito, o pure saranno limitati da superficie indivisibili. Queste superficie sono terminate da linee, e tali linee considerate come limiti di esse sono una semplice lunghezza per la stessa ragione. Così ancora estremità delle linee sono i punti, e questi senza parti; altrimenti non sarebbero gli ultimi. Dunque realmente si trovano in natura i *punti*, le *linee*, e le *superficie geometriche*; onde non solo è possibile, ma fisica e reale l'Ipotesi adottata dagli antichi Geometri per esaminare le proprietà dell'estensione.

78. Questi punti però, linee ec., non sono parti della linea, superficie ec., ma bensì modificazioni di esse, cioè l'ultime loro estre-

estremità; sono materiali, perchè nella materia, ma non sono materia. Quindi i Geometri dicono, che dallo scorrere d'un punto viene descritta, o determinata, ma non composta la linea, dal muoversi di questa è delineata la superficie, e questa scorrendo determina il corpo, o solido, geometrico. La superficie si può considerare andando all' in su, cioè fuori del corpo, e allora è l'ultimo limite di esso, indivisibile; o pure all' ingiù, ovvero verso il corpo, e in questo caso è parte componente d'esso, infinitamente picciola, e il primo suo elemento. La prima è l'Ipotesi degli antichi geometri, colla quale si posero a contemplare le proprietà dell'estensione. L'altra è l'Ipotesi de' Moderni, colla quale trattano le matematiche. Considerando questi i veri elementi della quantità, apparisce la ragione manifesta de' felici progressi di queste scienze a tempi nostri. In una simile considerazione cadevano ancora gli antichi geometri col profundarsi nelle speculazioni di Geometria; quindi osservarono, che un Poligono di lati infiniti termina finalmente, o si confonde col circolo. Si veda sopra di ciò Archimede fiorito nel 252. prima dell'era Cristiana ne' suoi libri *De Sphaera*, & *Cylindro* esposti da Isaaco Barrow nato a Londra il 1630. e stampati nel 1673. nella stessa Città.

79. Quindi apparisce, che il corpo fisico, e geometrico per riguardo all'estensione sono lo stesso, si distinguono per le affezioni, che trovansi nel corpo fisico, delle quali il Geometra lo concepisce spogliato. Il non potere noi tirare da un punto più linee, senza che si confondano, non fa che realmente ciò non si possa fare. Gli Istrumenti de' quali ci serviamo sono grossolani, la vista nostra è limitata, nè arriva a vedere le parti minime, e molto meno le loro estremità. Di più come dimostreremo parlando degli elementi de' corpi, si danno i *minimi naturali*; infettili non perchè non composti di altre parti minori in infinito; ma per la loro perfetta solidità. Ora questi ancora sono a noi d'impedimento, che da un punto non possiamo tirare molte linee, senza che si confondano; quindi nasce ancora, che una sfera da noi fatta non toccherà mai un piano in un punto. Non perciò possiamo concludere, che in natura non ci sia una superficie, e una palla perfettamente liscia; ma dobbiamo più tosto dire, che se da il minimo punto, che noi vediamo, il minimo, che tocchiamo ecc. Il carattere quando è ben formato, pare che copra esattamente di vero la carta che occupa; guardatelo con un acuto Microscopio, e troverete

## 38 CAPO II. DIVISIBIL. DELL' ESTENS.

rete infiniti vuoti bianchi non coperti dall' inchiostro; in maniera tale, che stenterete a più riconoscerne il carattere stesso.

80. Si può ciò non ostante opporre, che gli argomenti geometrici quantunque fondati sopra ipotesi possibile, e reale, ugualmente dimostrano, che si diano ancora quantità indivisibili. Di più in Geometria ci sono de' Paradoffi, che non si possono spiegare; forse uno di questi sono tutte quelle dimostrazioni, colle quali pretendono alcuni provare la divisibilità infinita. In conferma di ciò esporrò i paradoffi dell' *angolo del contatto*, e quello riferito da Galileo.

Tav. 2.  
Fig. 3.

81. Al Diametro BG sia BC perpendicolare, che perciò toccherà il cerchio in B. Euclide che aprì Scuola di Matematica in Alessandria nel 272. prima della venuta di Cristo, e fu il primo a raccogliere in quindici libri i pensamenti de' migliori Geometri; dimostra nella *prop. 16. del lib. 3.*, che tra la tangente BC, e la periferia BO non si può tirare alcuna linea retta, che non tagli come DB il cerchio; e pure ci possono passare infinite linee circolari; come Ac, Ae, Ah, Inoltre l'angolo mistilineo CBO è minore di qualunque rettilineo acuto; e l'angolo del semicercolo GBO maggiore di qualunque acuto.

Tav. 2.  
Fig. 4.

Da ciò ne siegue, che l'angolo del contatto CBO è indivisibile, perchè da niuna linea retta può essere diviso. Ma di più ricava Andrea Tacquet nel suo Euclide, che l'Angolo retto CBG contiene infiniti angoli del contatto, essendo infinitamente maggiore di esso; e questo minore di qualunque acuto. Queste verità geometriche non solo sono paradosse, ma dimostrano, che si danno alcune quantità indivisibili.

82. A tali difficoltà rispondo primieramente, che nella Geometria, qualunque conseguenza sorprendente, e oscura si ricavi, non deve essere capace di farne rinunziare ad altre verità dimostrate con tutta chiarezza. Potrà solamente servire per confermarci, che la nostra mente è limitata nel suo sapere; ma non già per farci rinunziare ad una verità evidente.

83. In secondo luogo dico, che le proposizioni paradosse si trovano soltanto dimostrando le verità di Geometria col metodo degli antichi; ma se adoperiamo quello de' moderni, considerando i punti, le linee, e superficie non come estremità, o segni dell' estensione; ma come veri elementi di essa; non sarà allora difficile convincere insieme, e illuminare l'intelletto; lo che è unode' migliori pregi della Matematica presente.

84. Coll' iscrivere nel cerchio prima un triangolo equilatero, poi un quadrato, un pentagono, esagono ec. si fa manifesto, che ac-  
cre-

crescendo il numero de'lati nella figura iscritta, sempre l'area di questa si accosta più a quella del cerchio. Onde aumentando in infinito il numero de'lati, cioè inscrivendo nel cerchio un Poligono di lati infiniti; coinciderà questo coll'area circolare. Da ciò ne siegue, che la periferia del circolo è un aggregato di linee rette infinitesime, che tra di loro formano angoli infinitamente ottusi; perchè come dimostra Euclide nel quarto degli Elementi, maggiore è il numero de'lati in un poligono, maggiore è ancora l'angolo da questi formato. E siccome gli angoli formati da Pentagoni, di qualunque grandezza sono tutti gli stessi; e così que'degli Esagoni tra loro; così lo stesso ancora sarà di quegli angoli, che sono formati da'lati infinitesimi della periferia circolare. Dunque la diversità, che passa tra la periferia di un maggiore, e minor cerchio, non consisterà negli angoli fatti da'loro lati infinitesimi; ma bensì nella lunghezza diversa di questi; perchè anche ne'Poligoni finiti della stessa specie, maggiore è il Poligono, più lunghi ancora sono i lati, che lo compongono.

85. Questa dottrina del cerchio ben nota agli antichi, come apparisce dalli due libri d'Archimede *De Sphæra, & Cylindro*; porta con se la soluzione de'dubbj intorno all'angolo del contatto. E in primo luogo la tangente BC non sarà altro che uno di questi lati infinitesimi della periferia circolare, prolungato; e perciò cadrà tutta fuori del cerchio. 2. Se per angolo del contatto si voglia intendere quello, dove la periferia tocca la tangente, questo sarà nullo. Onde così avrà ragione Giacomo Peletier nato a Mans nel 1517., che lo giudica non angolo, nell'Apologia contro Cristoforo Clavio Bambergese stampata con altri suoi opuscoli a Parigi nel 1559. Con esso ancora diranno bene Giovanni Vallis Inglese fiorito nel 1649., volume 2. delle sue Opere, carte 605., e Guglielmo Wiston nelle note alla prop. 16. del lib. 3. d'Euclide del Tacquet. 3. Per angolo del contatto si deve prendere solamente quello formato dal primo elemento del cerchio prolungato, o dalla tangente, e secondo elemento dello stesso cerchio. Onde essendo questo l'angolo esterno del Poligono, siccome l'interno è infinitamente ottuso; così l'angolo del contatto sarà infinitamente acuto, e perciò minore di qualunque assegnabile. Onde in quest'ordine minore di esso non potrà trovarsi. E perciò si potrà chiamare incomparabile con qualunque rettilineo, ma non già eterogeneo, come lo fa Cristoforo Clavio nelle note alla prop. 16. lib. 3. del suo Euclide.

Tav. 2.  
Fig. 3.

## 40 CARO II. DIVISIBIL. DELL' ESTENS.

86. Quarto tutti gli angoli del contatto in qualunque circolo faranno uguali fra loro; come dicea Peletario contro il Clavio; perchè gli angoli interni del poligono sono tutti uguali §. 84. 5. L'angolo retto  $GBC$  conterrà infiniti angoli del contatto. 6. Da qualunque punto tra  $O$ , e  $C$  si tiri una linea retta, questa taglierà il circolo, ma se farà con  $CB$  un angolo infinitamente picciolo uguale a quello del contatto, allora questa linea si unirà col secondo elemento della periferia, cioè sarà la seconda tangente del cerchio, dopo il punto  $B$ . Ma se facesse colla  $CB$  un angolo minore di quello del contatto, o pure infinitamente picciolo di secondo ordine; allora taglierebbe l'angolo del contatto; e perciò questo non sarà indivisibile in se stesso; ma bensì riguardo alla Geometria degli antichi, che considera soltanto le linee finite, e non le infinitesime o inassegnabili. 7. Se si tirano

Tav. 2.  
Fig. 4.

al punto  $A$  varj cerchi  $Ac$ ,  $Ae$ ,  $Ah$  questi tutti confonderanno il loro elemento al punto  $A$  con quello del cerchio  $AaG$ , il di cui centro è in  $C$ . Ma il cerchio  $Ac$ , il di cui centro è in  $D$ , essendo maggiore del cerchio  $Aa$ , avrà anche il suo elemento maggiore di quello di  $Aa$ ; onde quello uscirà fuori dell'elemento di  $Aa$ ; e perciò il cerchio  $Ac$  non dividerà l'angolo del contatto; ma bensì lo spazio angolare mistilineo  $BAaG$ . Lo stesso deve dirsi degli altri cerchi  $Ae$ ,  $Ah$ , i centri de' quali sono  $E$ ,  $F$ .

Tav. 2.  
Fig. 5.

87. Un altro paradossio geometrico, e che dimostra più tosto l'indivisibilità dell'estensione, viene esposto dal Galileo nel Dialogo primo Tom. III. delle sue Opere nella seguente maniera. Sia il semicircolo  $ANC$ , intorno al quale il rettangolo  $AMOC$  si cali dal centro  $B$  il perpendicolo  $BN$ ; il quale essendo uguale alla  $BC$ , ed alla  $BA$ , è manifesto, che dividerà il rettangolo in due quadrati uguali. Si tirino in oltre le Diagonali  $BM$ ,  $BO$ , si concepisca tutto il rettangolo  $AMOC$ , girare intorno la perpendicolare  $BN$ , come suo asse. Questo descriverà un cilindro; il punto  $A$  una periferia di cerchio; e la linea  $ABC$  un cerchio, il di cui semidiametro sarà  $BA$ . Nel tempo stesso il semicircolo  $AMC$  formerà una mezza sfera, e il triangolo  $MCO$  produrrà un cono. Tirata la linea  $DL$  ovunque, purchè parallela alla linea  $MO$ , anche questa descriverà un cerchio, il di cui diametro sarà  $DL$  e parimenti  $EH$  formerà un cerchio; il di cui semidiametro sarà  $GE$ .

88. Concepite dal cilindro levata la mezza sfera descritta dal semicirchio  $ANC$ , resterà una scudella, che viene formata dalla figura  $AMNOC$ . Ora le linee  $DF$ ,  $IL$  nel girare il rettangolo intorno

no

no l'asse BN producono una fascia circolare. Questa si dimostra sempre uguale al cerchio descritto dalla EH. Imperocchè tirando BF, abbiamo per la 47 del primo libro d'Euclide  $FB^2 = FG^2 + GB^2$ . Ma il raggio  $FB = AB = DG$ , che gli è parallela; e di più essendo  $BN = NM$  §. 87. sarà anche dal corollario della proposizione 4. del lib. 6.  $GB = EG$ . Onde sostituendo nell'equazione prima, avremo  $DG^2 = FG^2 + EG^2$ ; e moltiplicando tutto per 4, sarà  $4 DG^2 = 4 FG^2 + 4 EG^2$ ; ovvero  $2 DG \times 2 DG = 2 FG \times 2 FG + 2 EG \times 2 EG$ . Cioè  $DL^2 = FI^2 + EH^2$ . Ma i cerchi sono tra loro come i quadrati de' diametri (*prop. 2. lib. 12. Eucl.*) Dunque il cerchio fatto dal diametro DL sarà uguale alli due FI, EH. Leviamo il comune cerchio FI; resterà la fascia prodotta dalla DF uguale al cerchio EH, come dovea dimostrare.

89. Fingasi ora, che la linea DL si accosti alla AC, si andranno sempre diminuendo la fascia, e il cerchio; ma però si darà tra loro perpetua uguaglianza. Quando DL è arrivata sopra AC, la fascia degenera in una periferia di cerchio descritta dal punto A, e il cerchio fatto dalla EH si muta nel punto B. Dunque la periferia d'un cerchio è uguale a un punto. Supponiamo che AC, MO vadano in infinito, sarà la periferia descritta dal punto A maggiore sempre, e maggiore; e ciò non ostante sempre uguale al punto.

90. Acciò diamo una chiara soluzione a questi dubbj conviene riflettere alle due serie decrescenti una di fasce descritte dalle linee DF, IL, che vanno diminuendosi in infinito; e l'altra di cerchi formati dalla EH, che anch'essa sminuendosi termina finalmente in un punto. Ciascun termine della prima serie è uguale al suo corrispondente nella seconda. Onde anche l'ultima zona, o fascia vicino al punto C sarà uguale al cerchio fatto sopra l'ultima linea vicina al punto B. Nè ciò deve recare maraviglia, perchè quantunque l'ultima fascia formata sia più diffusa del picciolo cerchio vicino al punto B; ciò non ostante ha una larghezza infinitamente picciola, perchè sta dentro l'angolo del contatto ICL. Ma se consideriamo la periferia descritta dal punto C, questa non è l'ultimo termine della serie nelle fasce; ma l'estremità dell'ultima fascia; così ancora il punto B non è l'ultimo cerchio, ma di questo l'estremità in se stessa raccolta, cioè il suo centro indivisibile. Onde sebbene tutt'i termini delle due serie sono uguali ciascuno a ciascuno, ciò non ostante

42. CAPO II. DIVISIB. DELL' ESTENS.

le loro estremità non la sono, nè è necessario, che siano tali; perchè sono modificazioni di questi termini.

91. Da ciò che fin' ora abbiamo detto, apparisce evidentemente, che gli argomentativi dalla Matematica possono sicuramente applicarsi alla Fisica per ritrovare con più sicurtà le proprietà de' corpi. Questa loro infinita divisibilità dimostrata finora con argomenti Geometrici, si comprova ancora per mezzo de' numeri, e delle quantità indeterminate dell'Algebra.

92. E' noto appresso quelli, che hanno parlato delle serie Aritmetiche decrescenti in infinito, che la somma di ciascheduna qualunque infinita è uguale a qualche numero determinato. Si trovano le regole per determinare la somma di ciascheduna serie nel Tomo I. degli Elementi Matematici di Wolfio *part. 2. sez. 5. c. 1.*; nel Tomo I. delle Opere di Wallis *cart. 365.*, dove parla diffusamente dell' Aritmetica degl' Infiniti. Fu questa Aritmetica di Wallis diffusamente commentata da Ismaele Bullialdo nel 1682. Più chiaramente ancora espone le stesse regole Giacomo Bernoulli nato a Basilea il 1654. nel trattato delle serie infinite, che sta dopo l' *Art. conjectandi* stampata nel 1713. a Basilea da Nicola Bernoulli suo Nipote.

93. Ma per darne una chiara idea anche a' meno provetti dimostreremo, come queste nascano dalla divisione de' numeri. Sia il numero 1 da dividersi per se stesso; il quoziente sarà 1, ovvero  $\frac{1}{1}$ . Questa istessa divisione si può continuare in infinito facendo al modo degli Algebraisti. Il divisore 1 si esprima così  $2 - 1$ ; Quindi dividendo 1, per  $2 - 1$  secondo le regole Analitiche, nascerà per quoziente  $\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1}$  ec. in infinito; cioè una serie di frazioni decrescenti in infinito in ragione doppia, la quale sarà uguale ad  $\frac{1}{1}$  ovvero all' unità. Ecco come si dimostra, che qualunque cosa, la quale sempre si può concepire come una, dividasi in parti decrescenti secondo la ragione doppia.

94. Se dividiamo 1 per 2 il quoziente sarà  $\frac{1}{2}$  secondo l' Aritmetica; ma esprimendo il divisore 2, per  $3 - 1$ , e dividendo Analiticamente troveremo per quoziente una serie infinita decrescente in ragione tripla  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$  ec. Onde si vede, che la metà di qualunque cosa può dividersi in parti, ciascuna delle quali sia tutta tripla dell' altra, e ciò in infinito. Con lo stesso metodo si trova esprimendo il numero 3 per  $4 - 1$  che  $\frac{1}{3}$  è uguale a questa serie infinita in ragione subquadrupla  $\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}$  ec.

95. Parlando generalmente supponiamo, che la lettera  $n$  significhi un numero infinito; l'infinitesima parte di qualunque quantità sarà espressa generalmente per  $\frac{1}{n}$ . Perchè se dividiamo l'unità per qualunque numero, quanto più grande è questo, tanto più piccolo è il quoziente che nasce; così un  $\frac{1}{7}$  è minore di  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{11}$  e minore di  $\frac{1}{3}$ ; E di tanto è minore, di quanto il 12 è maggiore di 5. Perciò se un numero di sotto sarà infinito, cioè  $n$ , la frazione  $\frac{1}{n}$  sarà infinitesima.

96. Questa maniera di esprimere le infinitesime è di grand'uso per determinare le proprietà di queste, e dimostrare le verità ad esse concernenti. Quindi ricaviamo che *un infinito numero d'infinitesime dà un numero finito*; perchè moltiplicando con l'Algebra  $\frac{1}{n}$  per  $n$  il prodotto è  $\frac{n}{n}$  cioè 1.

97. *Un infinitesimo moltiplicato per se stesso produce un infinitesimo secondo, o d'ordine inferiore*; perchè  $\frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$  fa  $\frac{1}{n^2}$ . Che  $\frac{1}{n^2}$  esprima un infinitesimo di secondo ordine, si può dimostrare colla regola di proporzione. Un numero infinito deve essere all'unità, come l'infinitesimo primo, alla sua parte infinitesima, cioè all'infinitesimo secondo. Onde sarà  $n : 1 :: \frac{1}{n} : x$ . La lettera  $x$  esprime il quarto proporzionale, che sarà l'infinitesimo di secondo ordine. Per la nota proprietà della proporzione geometrica sarà  $nx = \frac{1}{n}$ , e perciò  $x = \frac{1}{n^2}$ . Onde l'infinitesimo terzo si denoterà così  $\frac{1}{n^3}$ ; il quarto per  $\frac{1}{n^4}$  ec. onde  $\frac{1}{n^5}$  significherà un infinitesimo d'ordine infinitesimo.

98. Collo stesso metodo troveremo, che i varj ordini degl' Infiniti si espongono con questa serie  $n, n^2, n^3, n^4, n^5$  ec. ed  $n^n$  significa un' infinito d'ordine infinito. Si determinerà ancora il quoziente, che nasce dividendo un infinitesimo per se stesso, che sarà una quantità finita; perchè  $\frac{1}{n}$  diviso per  $\frac{1}{n}$  fa  $\frac{n}{n} = 1$ . Così un infinitesimo di primo ordine diviso per uno di secondo produce un infinito; essendo  $\frac{1}{n}$  per  $\frac{1}{n^2} = \frac{n^2}{n} = n$ . All' incontro un infinitesimo secondo diviso per un primo fa un infinitesimo primo, perchè  $\frac{1}{n^2}$  per  $\frac{1}{n} = \frac{n}{n^2} = \frac{1}{n}$ . Da ciò che finora abbiamo detto si può abbastanza ricavare il metodo universale per discorrere degl' Infiniti, e degl' infinitesimi senza pericolo d'errare.

99. Vittorio Stancari, che fiorì nel 1704. giudicava, che l'infinito si dovesse esprimere per  $\frac{1}{0}$ , cioè per a finito diviso per zero; l'infinito secondo per  $\frac{1}{0^2}$  ec., come riferisce il Grandi nel libro *de infinitis infinitorum* Annotazione alla Prop. 12. Questa espressione però abbiamo giudicata alquanto oscura ed equivoca, quantunque da

molti adottata; perchè il zero in quest' espressione non deve significare il niente assoluto, ma il relativo, cioè l'infinitesimo; altrimenti  $\frac{0}{0}$  esprimerebbe un infinito assoluto, non un infinito relativo. Trattando di questo zero ci serviremo ora per adombrare in qualche modo il mistero della creazione dal niente. La perfezione di un' opera fatta da qualche artefice dipende dalla sua abilità, o potenza, dalla perfezione della materia, e dal tempo, che impiega per usarci più diligenza. Onde se l'opera si chiami  $e$ , la materia  $m$ , la potenza  $p$ , il tempo  $t$ ; farà  $e: pmt$ , cioè in ragione composta di queste tre quantità. Applicando ciò alla creazione del Mondo troviamo  $p=n$  perchè è infinita la potenza di Dio;  $m=0$  perchè la materia era niente assolutamente, prima d'esser creata; e supponiamo il tempo infinitamente picciolo cioè  $\frac{1}{t}$ ; avremo  $e: \frac{n}{t}$ ; cioè il Mondo sarà uguale ad un finito diviso per un finito; perchè un infinito assoluto moltiplicato per un niente assoluto, mi dà un finito. Onde applicandosi l'infinita potenza di Dio al niente, in un tempo infinitesimo, deve produrre un effetto finito, cioè il Mondo.

100. Se qualcuno desiderasse ulteriori notizie intorno la dottrina degl' Infiniti può consultare il libro *de infinitis infinitorum, & infinite parvorum ordinibus* stampato a Pisa l'anno 1710. dal P. Abate Guido Grandi Camaldolese, nato in Cremona nel 1675. O pure gli Elementi della Geometria dell' infinito di Bernardo de Fontenelle, a Parigi 1724., e il rischiaramento fatto sopra la prima parte di quest' opera inserito nel tomo 16. del Giornale Letterario dell' Aja, dell' anno 1730. Degno anche da leggerfi è il libro intitolato, *Introductio in Analysin Infinitorum Auctore Leonardo Eulero Profefs. Regio Berolinensi, & Accademiae Scient. Petropolitanae socio*; in quarto volumi 2. a Lausanna 1748.

### C A P O I I I.

*Sottigliezza delle parti de' Corpi.*

101. **N**E' due capi precedenti abbiamo a lungo dimostrato, che non si può trovare parte di materia per picciola che sia, nella quale non si debbano concepire altre parti; e perciò che realmente non sia di altre composta. Nel tempo stesso però osservammo al §. 65. che questa infinita divisibilità non si può mettere in esecuzione, per

CAPO III. SOTTIGL. DELLE PARTI DE' CORPI. 45

perchè è contraddittorio l'andare in infinito, e il terminarsi. Onde ne viene in conseguenza, che la natura ha dovuto fermarsi finalmente in alcune parti, che sono gli elementi de' corpi, e noi diciamo minimi naturali §. 67. 79. Ora alcuno più sottilmente può dimandarne fino dove si estenda questa divisibilità. A questo rispondiamo, che non si può determinare; perchè non sappiamo fin dove arrivano le forze dal Creatore poste nella materia; nè abbiamo strumenti acutissimi per distinguere le parti *estremamente sottili della materia*. Quello però, che possiamo asseverare si è, che la Materia de' Corpi soffre una prodigiosa divisione.

PROPOSIZIONE IV.

*La Materia si divide in parti estremamente sottili.*

102. **O**sservazioni. Il primo argomento dell'estrema sottigliezza, che hanno alcune parti di materia, lo ricaviamo dagli odori. La cinquecentsettantesima parte di un'oncia, ovvero un grano d'incenso, di mastice, storace, o altro odore posto sul fuoco si scioglie in un fumo odoroso, che si diffonde per un ampio spazio, e riempie d'odore gratissimo un lungo spazio d'aria. I fiori d'aranci, del rosmarino, e dello spigo ne' lidi della Provenza, e Linguadoca riempiono d'effluvj odorosi vasti spazj di mare. Alla distanza di 20. o 30. miglia dall'Isola di Ceilan si sente da' naviganti la fragranza delle sue campagne. Ora i fiori, e l'erbe odorifere diffondono lontanissimo il loro odore, e questo invisibile, nè patiscono detrimento sensibile nella loro freschezza.

103. *Osservazioni.* L'altro argomento si deduce dalla *soluzione*, che si fa d'alcuni corpi nell'acqua, o in qualche spirito. Una porzione di gomma lacca, o di cocciniglia quanta può stare in una scorza di noce, se si scioglie collo spirito di vino, o nell'acqua, può tingere mille fogli di carta; ne' quali per conseguenza ci sono infiniti punti visibili. E' la cocciniglia un cimice, che si pasce dell'Opunzia spinosa in America, lo uccidono nell'acqua fresca, e poi lo seccano; e di questo si fa il colore scarlatto. Un grano di questa sciolto nello spirito di urina colora sei vasi d'acqua, ciascuno de' quali ne contiene 43. once, e mezza. Un grano di fosforo cavato dall'urina rende luminoso nelle tenebre più di 147840. gocce di spirito di vino rettificato,  
cia-

## 46 CAPO III. SOTTIGL. DELLE PARTI DE' CORPI.

ciascuna delle quali contiene molte parti visibili. Infiniti altri di questi esempj si vedono comunemente, e pieni ne sono i libri Chimici.

104. *Osservazioni.* Il terzo argomento lo abbiamo dal contemplare l'estrema sottiliezza delle parti della luce. Tutto ciò che vediamo, lo vediamo per mezzo de' raggi lucidi, che si riflettono da' corpi. Si chiuda una camera perfettamente, e fatto un picciolo buco alla finestra, diafi per esso il passaggio ad un sottilissimo raggio di luce. Dipingerà questo nel muro opposto i vaghi prospetti delle campagne, delle case, e de' monti, che corrispondono a quella finestra; e tutti questi oggetti faranno dipinti con somma distinzione. Per far ciò adunque è necessario, che passino per quello stretto foro infiniti torrenti di parti lucide, senza che una impedisca l'altra nel suo corso. Onde conviene, che queste particelle sieno di una estrema sottiliezza, la quale non solo sfugge ogni nostra vista, ma ancora ogni nostro intendimento. La stessa sottiliezza si deduce dall'osservare la unione di molti raggi lucidi fatta per mezzo di uno specchio lucido metallico in un punto, distante da esso la quarta parte del diametro della sfera, di cui lo specchio è porzione. Questo raccoglimento condensa in forma tale le parti della luce, che sono capaci non solo di accendere qualunque legno, ma di fondere, e calcinare i metalli. Ciò non ostante le particelle lucide, che sono in un numero quasi infinito raccolte nel picciolissimo spazio occupato dal fuoco dello specchio, non si possono distinguere con l'occhio nudo separatamente una dall'altra.

105. *Osservazione.* Il quarto argomento lo somministrano i Microscopj, i quali ingrandiscono prodigiosamente le minime parti de' corpi a pena visibili ad occhio nudo, che rendono a noi sensibili alcuni animalletti, i quali con la semplice vista non isorgiamo. Quanto più prodigiosa sarà la sottiliezza de' fluidi, che scorrono ne' minimi organi di questi animalletti. Ma sopra ciò si può leggere quello, che diffusamente ne lasciò scritto Roberto Boyle Ibernese fiorito nel 1657. nelle due dissertazioni inserite ne' tre tomi delle sue opere, *De Atmosphaeris corporum consistentium*; e nell'altra *De Mira subtilitate effluviarum*.

## C A P O I V.

*Portentosa sottigliezza della Materia Matematicamente.*

106. **M**olti corpi odorosi si trovano, che alla distanza di cinque piedi tutto intorno mandano il loro effluvj. Il muschio senza diminuzione sensibile di peso fa sentire il suo odore a molto maggiore distanza per lungo tempo. Il piede è di 12. dita; onde il corpo odoroso farà intorno a se una sfera di parti, che avrà 120. dita di diametro. Supponiamo che in ogni quarta parte di un dito solido ci sia una particella d'odore, il che è molto minore del vero; perchè non potrebbero, essendo così rare, vellicare le minime fibre de' nervi destinati a odorare. Moltiplicando 120. per 4, farà il diametro della sfera odorosa di parti 480. Il diametro sta alla circonferenza del cerchio secondo Giacomo Mezio come 100 : 314. Si faccia dunque la proporzione 100 : 314 :: 480 : x, e farà  $x = 1507. \frac{2}{3}$  il qual numero esprime la circonferenza del circolo massimo nella sfera odorosa. La superficie della sfera si ha moltiplicando la periferia del cerchio massimo per lo diametro; onde la superficie di questa sfera sarà 723456. La solidità della sfera si determina moltiplicando la superficie d'essa per la terza parte del semidiametro; perciò l'ultimo numero moltiplicato per 80, darà 57876480; che sono quarte parti di un dito cubico, ovvero particelle, nelle quali continuamente si scioglie un corpo odoroso.

107. Roberto Boyle nella dissertazione della natura e sottigliezza degli Effluvj, sciolse un grano di rame nello spirito di sale ammoniac; quindi mischiò la soluzione con grani 28534 d'acqua distillata, la quale si tinse d'un colore celeste carico. L'acqua, che pesa un grano ha di volume  $\frac{17}{10000}$  d'un dito cubico; onde per la regola del tre facendo 1 :  $\frac{17}{10000}$  :: 28534 : x troveremo, che grani 28534. hanno di volume dita cubici 105  $\frac{2718}{10000}$ . Essendo il colore celeste visibile in tutte le parti di questa quantità d'acqua, è necessario, che il grano di rame si sia diviso in tante parti visibili, da questo dipendendo il colore. Ora una particella, che sia lunga  $\frac{1}{10000}$  di dito è visibile; e molto più lo farà il suo quadrato  $\frac{1}{1000000}$ ; e maggiormente il suo cubo  $\frac{1}{1000000000}$ . Questa frazione esprime una millionesima parte di detto cubico. Onde in esso ci farà un milione di tali parti; e perciò in 105. diti cubici ce ne sono 105000000; ed in  $\frac{2718}{10000}$  di dito





## 50 CAPO IV. SOTTIGL. DELLA MATERIA

lato d'esso si può con una sottile punta dividere almeno in sei parti; e perciò tutta la superficie B in 36. Multiplichiamo quest'ultimo numero per 36.; il prodotto 15148240. esprimerà il numero delle parti visibili, nelle quali è stata divisa coll' arte un' oncia d'oro.

III. Di più il peso dell'oro è a quello dell'acqua come 19. 1. Un piede cubico Parigino d'acqua pesa libbre 71. di Parigi. Onde un piede cubico d'oro avendo dicianove volte più peso, sarà di libbre 1349. Posta la libra Francese di 16. oncie; il piede cubico d'oro conterrà oncie  $16 \times 1349. = 21584.$  Inoltre essendola linea a un piede, come 1. 144.; elevando tutti due questi numeri a cubo, sarà la linea cubica al piede cubico, come 1. 2985984. Perciò un piede cubico conterrà linee cubiche 2985984. Ma il piede cubico d'oro contiene oncie cubiche 21584.; dunque per questo numero dividendo l'antecedente, il quoziente 138.  $\frac{21584}{111744}$  esprimerà quante linee cubiche contenga un' oncia d'oro di peso. Se dunque facessimo un cubo d'oro, che pesasse un' oncia, conterebbe questo linee cubiche 138. ec. Se da questo numero colla frazione, si estrarra la radice cubica, che sarà prossimamente 5.  $\frac{1}{2}$ , farà questo un lato del cubo d'oro, che pesa un' oncia. Ora questo peso d'oro si è diviso §. 110., in linee quadrate 4207840.; dunque se quadreremo il numero 5.  $\frac{1}{2}$ , farà 26.  $\frac{1}{16}$  la base del cubo d'oro. Onde dividendo 4207840 per 26.  $\frac{1}{16}$ , il quoziente 159092., esprimerà quante volte un' oncia d'oro divisa in linee quadrate 4207840., contenga la base del cubo; o che è lo stesso in quante lamette quadrate si divida un cubo d'oro alto linee 5.  $\frac{1}{2}$ . Lo che sembra maraviglioso.

III. L'altra osservazione che si fa sulle parti dell'oro la riduce a calcolo Giacomo Rohault nella Fisica *part. I. cap. 9. §. 11.* nella seguente maniera. Prese un Cilindro d'argento massiccio, il di cui peso era libbre 8. La sua lunghezza era due piedi, e otto pollici Parigini, ovvero linee 384. Essendo il piede di 12. pollici, e questo di 12. linee. La circonferenza della base di questo cilindro era linee 33. La superficie di esso, che si ha moltiplicando la periferia della base per l'altezza; *Cor. I. Prop. 10. Teor. scelti d'Archimede dal Tacquet, commentati dal Wishton*, era di linee quadrate  $33. \times 384. = 12672.$  Tutta questa superficie la fece indorare con mezz' oncia d'oro. Quindi passato il cilindro per la trafila, lo fece a poco a poco assottigliare in uno di que' fili, co' quali sogliono coprire la seta per fare i ricami o altri lavori d'oro. Il peso di 150. piedi di questo filo d'argento indorato,

rato, fu di grani 36. meno  $\frac{1}{4}$ . La libra è di 16. oncie Francesi, questa d'8. dramme, la dramma di 3. scrupoli, questo di 2. oboli, l'obolo di 12. grani. Onde la libra di Francia conterrà grani 9216. Perciò tutto il cilindro si estese in un filo, la di cui lunghezza fu piedi 307200. Imperocchè essendo stato il peso di tutto il cilindro libbre 8., cioè grani 73728.; dicendo, se grana 36. mi danno piedi 150.; grani 73728., che daranno, troveremo essere piedi 307200. Quindi il cilindro si slungò 115200. volte di più di quello, ch'era prima. Perchè essendo la sua prima lunghezza pollici 32., se questo numero moltiplica 115200., il prodotto in pollici farà 3686400.; questo diviso per dodici, cioè per un piede, produce la lunghezza del filo già ritrovata di piedi 307200. Tutto questo filo d'argento guardato col microscopio si trova coperto d'oro secondo le osservazioni fatte nelle Memorie dell'Accademia Reale di Parigi all'anno 1713. Dunque una mezz'oncia d'oro è stata dall'arte divisa in tante parti visibili, quante sono le linee contenute in 307200. piedi. Ma ciascuna linea di Parigi essendo uguale alla retta B, è facile divider questa con una sottile punta in 8. parti visibili; e siccome piedi 307200. fanno linee Parigine 44236800., moltiplicando questo numero per 8., farà una mezz'oncia d'oro divisa in parti visibili 353894400. Questo filo se gliano acciaccarlo passandolo per la trafilà, per potere più commodamente vestirne li fili di seta. Da questo compianamento ne nasce, che possiamo commodamente distinguere nel filo coll'occhio nudo quattro volte più parti visibili due sopra, e due sotto, onde moltiplicando l'ultimo numero per quattro, la mezz'oncia d'oro farà divisa di più in parti visibili 1415577600.; lo che è molto sorprendente. Si esponga questo filo ad un microscopio, che ingrandisca cento volte il diametro degli oggetti avremo parti visibili 141557760000., nelle quali sarà divisa una mezz'oncia d'oro con l'arte.

Tav. I.  
Fig. 2.

## C A P O V.

### *Misure dell'Estensione.*

113. **N**iente è più necessario per l'uso civile, e per le scienze, che il misurare le diverse estensioni de' corpi, e d'alcune distanze. Ciò si fa con prendere qualche parte dell'Estensione, che si concepisce non divisa in altre, ed a questa come unità riferire

tutte l'altre estensioni. Quindi la *misura d'una lunghezza*, sarà una linea presa ad arbitrio come unità; alla quale si riferiranno tutte l'altre lunghezze, osservando quante volte in queste sia contenuta. Ma siccome è difficile incontrare una lunghezza, che la contenga esattamente; così questa prima misura di nuovo si divide in altre minori, e cid fino che ci riduciamo a parti insensibili, delle quali poi non si fa più conto. Per misurare a cagion d'esempio la distanza tra una Città, e l'altra si sono servite comunemente le nazioni del miglio; ma riducendo questo all'attuale misura, non sempre hanno trovato, che la distanza tra una Città, e l'altra fosse d'un numero determinato di miglia; sarà stata tante miglia, e qualche parte d'esso; perciò hanno concepito il miglio diviso in mille parti, chiamate passi. Ciascuno di questi lo suddivisero in cinque parti, detti piedi ec.

Tav. 1. Fig. 2. 114. La *misura di qualunque superficie* sarà una superficie regolare, che si prende ad arbitrio come unità. Così per misurare la superficie ABCD si prende il picciolo quadrato B, osservando quante volte in essa è contenuto. La *misura d'un solido*, odì qualche capacità sarà un altro picciolo solido regolare, che si prende come unità. Onde per misurare la capacità del vaso ABCDFHGE si prende il picciolo vaso regolare m a b c d e.

115. Da quello, che fin' ora abbiain detto, che è fondato su l'esperienza, evidentemente ricavasi, che non possiamo sapere la vera grandezza delle cose, ma solamente la relazione che passa tra loro. Per meglio cid concepire fingiamo, che abbia misurata la lunghezza di una camera, e sia questa di venti palmi de'miei. Impicciolisca Iddio questa camera, e la faccia uguale ad una scatola, ma nel tempo stesso faccia piccioli a proporzione tutti li corpi in essa contenuti; di modochè conservino rispetto alla camera la stessa relazione di prima. E' certo, che se in questo caso tornerò a misurare la camera col mio palmo impicciolito a proporzione, la troverò di venti palmi della presente mia mano, e perciò quantunque la grandezza reale e assoluta della camera sia di molto diminuita, cid non ostante non lo potrò conoscere, e giudicherò, che abbia conservata la stessa grandezza di prima. Lo stesso accaderebbe, se questa camera fosse per divina potenza ingrandita. Dunque l'assoluta grandezza delle cose non può essere dererminata da alcuno, e quelle, che noi misuriamo, sono le grandezze relative.

116. Tutte le misure di qualunque nazione sono state ricavate da quelle della statura degli uomini. Ciò lo dimostra in primo luogo i nomi di passo, braccio, piede, pollice, dito, che sono parti del corpo umano. In secondo luogo la simetria, o proporzione, che passa tra le parti di questo. Per esempio li quattro dita della mano uniti insieme fanno tre dita grossi, o pollici della stessa mano, si chiama questa misura da molti il palmo. Dodici di questi, o nove pollici fanno un dodrante, volgarmente detto palmo, cioè la distanza, che passa tra l'estremità del pollice, e del dito picciolo, quando la mano è stesa. Sedici dita formano il piede di ciascheduno, ventiquattro il gomito, e sei piedi, o quattro gomiti la propria statura, la quale anche è uguale alla lunghezza delle braccia stese in croce.

117. Con questa dottrina si spiega per qual cagione quegli oggetti, che abbiamo veduti da piccioli, se li torniamo a vedere quando siamo cresciuti, pare a noi, che siano diventati minori; perchè per riguardo alla nostra statura veramente sono tali. Si spiega in oltre il diverso giudizio, che fanno gli uomini delle grandezze, guardando lo stesso oggetto. Ciascuno misura la grandezza visibile de' corpi co' proprj palmi, quando non viene ad alcuna misura attuale. Nella stessa maniera si spiega la diversità, che presentemente troviamo nelle misure di tutte le nazioni. Ciascheduna probabilmente ha scelto per misura propria quell' uomo di sua nazione, che aveva una statura più proporzionata, e conveniente degli altri.

118. Questa diversità nelle misure cagionerebbe troppo grande confusione, se gli uomini accorti non l'avessero prevenuta col trovare il modo di paragonarle tutte tra loro, o pure di ridurle ad una misura comune. Due metodi sopra ciò abbiamo.

119. Il primo è di quelli, che pongono sopra qualche superficie di carta, o pietra, o metallo le lunghezze di tutte le diverse misure per poterle così agevolmente paragonare tra loro. Questo metodo però può servire semplicemente per fare la relazione tra esse, ma non già per sapere la vera quantità di ciascheduna. Ogni corpo come c'insegna la sperienza, si dilata nel caldo, e si contrae nel freddo; la carta poi si scorta nel caldo, e si dilata nell'umido. Ora la temperie dell'aria è diversa in tutti li paesi, e nelle varie stagioni dell'anno; perciò le misure non restano mai dell'istessa grandezza, quantunque in queste mutazioni conservino sempre la stessa pro-

porzione tra loro. Ciò non ostante, dove non si ricerca una scrupolosa accuratezza, e in alcuni altri casi possiamo servirci con frutto di questo metodo; specialmente se le facciamo incidere ne' marmi più tosto, che ne' metalli.

120. Adamo Kochanski Gesuita Polacco negli atti di Lipsia del 1687. osserva tra le carte quale è meno soggetta a mutazione. Per *lunghezza* di carta s'intende quella, dove si vedono in lungo stesi i vestigj de' fili di rame, de' quali è composto il cribro per formare li fogli, e questi sono vicinissimi uno all'altro. Per *larghezza* s'intende quella, dove si vedono stesi in lungo i vestigj più sensibili, degli altri fili di rame, che tengono connessi i primi, e sono tra loro distanti un pollice avvantaggiato. Dalla tavola seguente apparirà quanto si slunghi, e slarghi ciascuna carta quando è bagnata, onde si vedrà, che quella di Danzica è la più perfetta di tutte; perchè meno soggetta a mutarsi, e che meglio è segnare le misure nella larghezza, di quello che nella lunghezza. I numeri significano centesime parti del Pollice Renolandico.

Le seguenti carte bagnate crebbero.	in lungo.	in largo.
La bianca, e soda di Foligno. _____	10.	7.
La Spagnuola, di cui si servì Villalpando nella misura del corno Romano _____	10.	5.
La Fiorentina per le lettere _____	13.	8.
La Genovese con l'impresa del Tridente —	10.	9.
Una d'Italia, sottile con l'asta _____	17.	10.
La Francese con la cornetta da Corriere —	10.	9.
L'Olandese, che imita la precedente. —	11.	8.
La Boema bianca, e sottile della valle Gioachimica _____	20.	13.
Quella di Uratislavia, o Breslavia Capitale della Slesia _____	13.	10.
La Reale, e grossa di Boemia _____	14.	9.
Quella di Danzica grossa, con l'infegna del Peice Carpione. _____	9.	7.
L'antica reale Italiana _____	10.	9.

Questa tavola può servire così all'ingrosso per formare idea della mutazione, che accade nella carta diversa, non già per darne una regola sicura della bontà di essa, la quale varia secondo la diligenza degli artefici.

121. Più accurati della carta sono i metalli, e i marmi, perchè meno soggetti a mutazione. Tra metalli migliore di tutti è il ferro, purchè si custodisca dalla ruggine, il che si fa con prima cuocerlo nell'olio. L'ottone si dilata più di tutti al fuoco, secondo l'esperienze di Mufschbroek nell'aggiunta alla nona esperienza dell'Accademia Fiorentina. Ma più sicura di tutti i corpi è la creta bianca d'Inghilterra, che si dilata tredici volte meno del ferro esposta al fuoco. Ora il ferro secondo il Mufschbroek esposto alla fiamma dello spirito di vino con picciolo stuppino, si stende solamente  $\frac{5}{117}$  parti di pollice, e perciò non è molto sensibile la sua dilatazione alla fiamma, e molto meno lo sarà al calore dell'aria; di modochè non si commetterà errore considerabile se imprimeremo le misure in grosse lastre di ferro, o pure per più sicurezza su la creta d'Inghilterra.

122. Tralascio il vano modo di trasmettere a i posteri le misure pensato dal Kochanski nel luogo citato. Si prenda, dic'egli, una penna dell'ala di un passaro, la quale essendo composta d'altre minori, tra loro lontano un determinato, e sempre istesso intervallo, potrà prenderfi questo come parte determinata d'un pollice arbitrario, che può servire di misura comune per ridurre a questo tutti gli altri. Il solo aver esposto questa maniera, basta per essere confutata.

123. Il secondo metodo è quello, che dottamente pensarono gli Accademici di Parigi; per mezzo del quale si può facilmente in ogni paese determinare senza alcuna misura la vera lunghezza del piede Parigino, posta la quale per mezzo d'una tavola da porsi in appresso, si determina la lunghezza di tutte l'altre misure. Per concepirla è necessario notare le seguenti cose. Il *pendolo* è un sottile filo di seta cruda, attaccato ad un levigato chiodo, da cui pende un picciolo globo. Se si alza questo a qualche altezza, col proprio peso discenderà dove prima stava, e per la velocità concepita nel discendere al punto più basso, salirà dall'altra parte ad uguale altezza, se si detraggono tutte le cause della resistenza. Questa discesa, e salita si chiama l'intera *oscillazione*, o *vibrazione* d'un pendolo. Cristiano Huygens Signore di Zuylichem nato all'Aja in Olanda nel 1629., nella sua Opera intitolata, *Horologium Oscillatorium*, stampata a Parigi l'anno 1673., ed inserita anche nell'*Opera varia*, stampata in quarto a Leiden 1682. osserva nella parte quarta proposizione 25., che in Parigi acciocchè un pendolo faccia una vibrazione intera in un mi-

minuto secondo d'ora, conviene, che sia lungo piedi Parigini 3, linee  $8\frac{1}{2}$ . La lunghezza di questo pendolo la chiama *piede Orario*. Più accuratamente viene questa lunghezza determinata da Dortone Mairan nelle memorie dell'Accademia Reale dell'anno 1735, e la stabilisce di piedi 3. linee 8.  $\frac{167}{1000}$ .

124. Il piede Regio Parigino si divide in dodeci parti uguali, che chiamano *pollici*. Il pollice in dodeci parti uguali dette *linee*. La linea in dieci uguali, chiamate *particelle*. BC è la misura d'un pollice, B d'una linea. Quindi in un piede ci faranno 144. linee, e 1440. particelle. Onde il piede orario di Huygens conterrà linee 440. e mezza, ovvero 881. mezze linee.

Tav. 1.  
Fig. 2.

125. Supponiamo ora, che si debba quà in Napoli determinare la vera lunghezza del piede Regio. Preso un filo di arbitraria lunghezza col suo picciolo globq attaccato si faccia oscillare alzandolo a mediocre altezza. Quindi s'osservi per mezzo di un esatto orologio a pendolo quanto sta a fare ciascuna vibrazione. Se la compie in più d'un minuto secondo si scorti il filo, che così accelererà il suo moto; se compie la vibrazione in meno d'un secondo, si slunghi il filo, e in questa maniera andrà più tardi, secondo le regole de' pendoli. Ciò si tenti fino che si riduca a vibrare in un secondo. Allora saremo certi, che la lunghezza del filo è 881. mezze linee di Parigi. Data la lunghezza di mezza linea potremo § 124. determinare la lunghezza del piede di Parigi.

126. Due difficoltà però s'incontrano nell'accennato metodo degli Accademici. La prima come osserva il Signor De la Hire nelle memorie di Parigi dell'anno 1703. dipende dallo slungamento prodotto nella verga metallica del pendolo dell'orologio dal maggior calore in un paese, che in un altro, dal quale nasce il ritardamento nel moto; onde non possiamo determinare la vera durata del minuto secondo di tempo, che si ha, conformando l'orologio alla rivoluzione di una delle stelle fisse intorno la terra. Se il luogo sarà freddo s'accorcerà il pendulo, e perciò l'orologio camminerà più veloce. Pretende De la Hire, che un'asta di ferro lunga sei piedi esposta al Sole di Estate, diventi più lunga  $\frac{1}{2}$  parti di linea.

127. A tale difficoltà si può ovviare primo data la grossezza d'un'asta di ferro determinando con l'esperienza quanto si slunghi ad un determinato grado di caldo, misurato col termometro, e quindi formandone una tavola. Secondo tenendo l'orologio in una camera  
l'aria

d'aria temperata al grado stesso, che suol essere a Parigi. Terzo conformando l'orologio al moto delle stelle. Quarto sebbene non si usassero queste cautele, l'errore, che si commette, sarebbe affatto insensibile essendo l'asta di ferro §. 121.

128. La seconda difficoltà più considerabile di questa, riguarda non la misura del tempo, o il pendolo dell'orologio, ma le vibrazioni, che fa il pendolo sciolto. Osservò primo di tutti Richer nell'Isola di Cajenna, che la gravità intrinseca dello stesso corpo ne' luoghi vicini all'Equatore, è più picciola, e perciò lo accelera meno quando scende verso la terra, di quello che ne' luoghi più lontani. Onde lo stesso globo del pendolo, che in Parigi oscillava a secondi, trasportato in un luogo più vicino all'Equatore, diminuendosi la sua gravità, farà le oscillazioni sue più tardi, quantunque resti della stessa lunghezza, che a Parigi. Perciò per fare, che oscilli in un secondo converrà scortarlo di qualche linea; onde non sapendo la lunghezza di questa, non potremo col metodo Parigino ricavarla sicuramente.

129. Questa diminuzione di gravità, la quale porta, secondo offerveremo parlando di essa, almeno due linee di differenza nella lunghezza del pendolo, è stata già computata da molti, come si può osservare nelle Transazioni Anglicane del 1734. tradotte a Parigi dal Bremonte l'anno 1740., o nella tavola, che dà il Maupertuis nella sua figura della Terra stampata a Parigi il 1739. *lib. 3. c. 6. §. 6.* In questa determina secondo la latitudine diversa di più luoghi andando verso il polo, quanto si accresca la gravità, si acceleri il pendolo, e per conseguenza quante linee, o parti di linea debba slungarsi, perchè oscilli a secondi. Posta questa tavola non è difficile per mezzo di essa aggiungere in qualunque luogo dato alle 881. mezze linee quel di più, che si ricerca nella lunghezza del pendolo secondo la tavola, e dividere con questa proporzione la lunghezza del filo per trovare la vera misura della mezza linea Parigina.

130. Determinata con questo metodo la lunghezza del piede di Parigi, si può per mezzo della tavola seguente stabilire la lunghezza di tutti gli altri. Questa tavola cavata per lo più dalle osservazioni di Gasparo Eifenschmidio nel trattato *De ponderibus, & Mensuris* ristampato in Argentina nel 1737., è fatta supponendo il piede di Parigi diviso in particelle 1440. secondo il §. 124., acciocchè sia diviso nelle sue minime parti, e perciò qualunque errore diventi in-

fenfibile. Il piede di Parigi adunque effendo divifo in 1440. particelle, di quefte il piede Renolandico per efempio ne conterrà 1391.  $\frac{1}{2}$ , onde farà di effo minore; il piede di Coftantinopoli avendone 3140. farà due volte e più maggiore di effo.

*Tavola delle mifure diverfe riferite al Piede Parigino.*

MISURE.	Particelle	MISURE.	Particelle
Piede Regio Parigino ---	1440.	Piede Egizzio, o Aleffandrino - - - - -	1589 $\frac{2}{3}$ .
Piede di Coftantinopoli --	3140.	Palmo Romano Architettonico - - - - -	990.
Piede Renolandico, o del Reno, o di Leiden ---	1391 $\frac{1}{2}$ .	Palmo Romano de' Mercanti, otto de' quali fanno una canna - - - - -	1102 $\frac{1}{2}$ .
Piede Romano antico ---	1324 $\frac{1}{2}$ .	Palmo Napoletano - - - - -	1200.
Piede Romano moderno --	1320.	Palmo Genovefe - - - - -	1113.
Piede di Londra - - - - -	1350.	Palmo Palermitano - - - - -	1073.
Piede di Argentina di Città -	1282 $\frac{1}{3}$ .	Palmo di Spagna - - - - -	919.
Piede di Argentina di Campagna - - - - -	1309.	Gomito Ebreo - - - - -	2384.
Piede di Norimberga di Città - - - - -	1346 $\frac{1}{4}$ .	Gomito Fiorentino - - - - -	2597.
Piede di Norimberga di Campagna, o de' Lavoranti -	1226.	Braccio Bolognese - - - - -	2640.
Piede di Danzica - - - - -	1271 $\frac{1}{2}$ .	Braccio Fiorentino degli Agrimenfori - - - - -	2430.
Piede di Danzica, o di Afnia - - - - -	1403 $\frac{1}{5}$ .	Braccio di Parma, e Piacenza - - - - -	2423.
Piede di Svezia - - - - -	1316 $\frac{1}{2}$ .	Braccio di Reggio di Modena - - - - -	2348 $\frac{1}{2}$ .
Piede Romano del Campidoglio - - - - -	1306 $\frac{1}{3}$ .	Braccio Milanefe - - - - -	2166.
Piede Geografico - - - - -	1650.	Braccio di Brefcia - - - - -	2075.
Piede Bolognese - - - - -	1682 $\frac{1}{5}$ .	Braccio di Mantova - - - - -	2062.
Piede Veneziano - - - - -	1540.	Braccio Spagnuolo detto <i>Vara di Caffiglia</i> - - - - -	3676.
Piede d'Ala - - - - -	1320.	Braccio di Argentina - - - - -	2386.
Piede d'Amfterdam - - - - -	1258.	Braccio Parigino di merci a minuto - - - - -	5268.
Piede Greco Ercoleo, o Olimpico - - - - -	1379 $\frac{1}{4}$ .	Braccio Parigino di Lana - - - - -	5256.

Oltre la tavola precedente, può effere ancora in più congiunture di grande ufo la fequente del Signor Daviler cavata da' migliori Autori Snellio, Riccioli, Scamozzi, Petit, Picard, e altri Geometri, e Architetti. Viene quefta efpofta nel tomo 4. del Dizionario univerfale Francefe, e Latino, detto comunemente di *Trevoux* ftampato a Parigi nel 1732. Sono tutte le mifure paragonate al piede regio di Parigi detto di *Chatelet*.

PIEDI ANTICHI.		Pollici.	Linee.	Parti.
Il Piede	d' Alessandria - - - - -	12	2	2
	D' Antiochia - - - - -	14	11	2
	D' Arabia - - - - -	12	4	
	Di Babilonia - - - - -	12	1	5
	Lo stesso secondo Capello - - -	14	8	5
	Lo stesso secondo Perrault - - -	12	10	5
	Di Grecia - - - - -	11	5	5
	Lo stesso secondo Perrault - - -	11	3	
	Ebreo - - - - -	13	3	
	Romano secondo Riccioli, e Vil-			
	alpando - - - - -	11	1	8
	Lo stesso secondo Luca Peto, co-			
	me riferisce Perrault - - - - -	10	10	6
	Come riferisce Picard - - - - -	10	10	6
	Lo stesso secondo Petit - - - - -	11		
PIEDI MODERNI.				
Il Piede	d' Amsterdam - - - - -	10	5	3
	D' Anversa - - - - -	10	6	
	D' Avignone, e d' Aix nella Prov. nza -	9	2	
	D' Ausburg in Germania - - - - -	10	11	3
	Di Baviera - - - - -	10	8	
	Di Befanzone nella Franca Contea - -	11	5	2
	Di Bologna, che è Braccio secondo			
	Scamozzi - - - - -	14		
	Lo stesso secondo Picard - - - - -	14	1	
	Di Brescia, che è Braccio secondo			
	Scamozzi - - - - -	17	7	5
	Lo stesso secondo Petit - - - - -	17	5	4
	Del Cairo, detto Derub - - - - -	20	6	
	Di Colonia - - - - -	12	2	
	Di Franca Contea, e Dola antica			
	Capitale d' essa - - - - -	13	2	3
	Della Cina - - - - -	11	8	6
Il Piede	di Costantinopoli - - - - -	24	5	
	Di Copenaghen - - - - -	10	9	9
	Di Cracovia - - - - -	13	2	
	Di Danzica secondo Petit - - - - -	10	4	6
	Lo stesso secondo Picard - - - - -	10	7	
	Di Digione in Borgogna - - - - -	11	7	2
	Di Fiorenza, che è Braccio secon-			
	do il Maggi - - - - -	20	8	6
	Lo stesso secondo Lorini - - - - -	21	4	5
	Lo stesso secondo Scamozzi - - -	22	8	
	Lo stesso secondo Picard - - - - -	22	4	
	Di Genova, ch'è palmo secondo Petit -	9	2	
	Di Ginevra - - - - -	18		4
	Di Granoble nel Delfinato - - - - -	12	7	2
	Di Heidelberga in Germania secondo			
	Petit - - - - -	10	2	
	Lo stesso secondo una misura originale	10	3	5

	Pollici .	Linee .	Parti .
Di Lipsia - - - - -	11	7	7
Di Leyden - - - - -	11	7	
Di Liegi - - - - -	10	7	6
Di Lione secondo Petit - - - - -	12	7	2
Lo stesso secondo una misura originale - - - - -	12	7	5
La tesa di Lione fa 7 piedi e mezzo.			
Di Lisbona - - - - -	11	6	7
Di Londra secondo Picard - - - - -	11	3	
Ovvero - - - - -	11	2	6
Lo stesso secondo una misura originale - - - - -	11	4	5
Il pollice Inglese si divide in 10 parti, o linee, e secondo altri è --	12	4	5
Di Lorena - - - - -	10	9	2
Di Manheim nel Palatinato del Reno - - - - -	10	8	7
Di Mantova secondo Scamozzi - - - - -	17	4	
Di Macon in Borgogna - - - - -	12	4	3
La tesa qui è di piedi 7 $\frac{1}{2}$			
Di Marocco, e Fez, ch'è palmo --	8		
Di Magonza - - - - -	11	1	5
Di Mildeburg in Zelandi - - - - -	11	1	
Di Milano è un braccio	22		
Il Piede di Napoli è un palmo, secondo Riccioli di	8	7	
Di Padova secondo Scamozzi - - - - -	13	1	
Di Palermo è palmo - - - - -	8	5	
Di Parma è un braccio - - - - -	20	4	
Di Praga in Boemia - - - - -	11	1	8
Del Reno secondo Snellio, e Riccioli - - - - -	11	5	3
Lo stesso secondo Petit - - - - -	11	6	7
Lo stesso secondo Picard - - - - -	11	7	
Lo stesso secondo una misura originale - - - - -	11	7	5
Di Savoja - - - - -	10		
Di Roano simile a quello del Re.			
Di Sed no - - - - -	10	3	
Di Siena, è un Braccio - - - - -	21	8	4
Di Stokolm in Svezia - - - - -	12	1	
Di Strasburg - - - - -	10	3	5
Di Toledo, o Castiglia secondo Riccioli - - - - -	11	2	2
Lo stesso secondo Petit - - - - -	10	3	7
Di Treviso secondo Scamozzi - - - - -	14	6	
Di Venezia secondo Scamozzi, e Lorini - - - - -	12	10	
Lo stesso secondo Petit - - - - -	12	8	
Lo stesso secondo Picard - - - - -	12	12	
Di Verona è lo stesso, che di Venezia.			
Di Vicenza secondo Scamozzi - - - - -	13	2	
Di Vienna in Austria - - - - -	11	8	
Di Vienna nel Delfinato - - - - -	11	11	
D'Urbino, e Pesaro secondo Scamozzi - - - - -	13	1	

131. La quarta parte del Piede Parigino, e degli altri più usati, che contiene tre pollici l'uno, l'abbiamo espressa nella tavola seconda. Tav. 2.  
Fig. 6. 7.  
8. 9. 10.  
&c. per maggior comodità di quelli, che non ricercando una somma accuratezza, hanno prontamente bisogno delle sopradette misure. Per maggior lume delle precedenti tavole conviene trattenerfi qualche poco nella diversità delle medesime.

132. Oltre il piede Reale dell' Accademia si trova in Parigi ancora il Braccio, che se è delle merci minute, contiene piedi Parigini 3., linee 10.  $\frac{2}{3}$ , se è de' panni piedi 3., pollici 7., linee 9.  $\frac{2}{3}$ . La tesa, che è composta di 6. piedi. La pertica detta in latino *Decempeda* di piedi 10. La pertica per misurare i territorj di piedi 22. La lega di piedi 7500., ovvero passi 1500.

133. Il piede del Reno, del quale si servono ne' paesi bassi, e nella Germania, lo dividono in 1000. parti. La pertica appreso d'essi contiene piedi 12. Il piede di Parigi contiene 1035. millesime parti di quelle del Reno. Questo si divide in 12. pollici, e il pollice in 10. linee.

134. L'antico piede Romano con due mezzi l'hanno stabilito. Primo per mezzo de' pesi e misure solide degli antichi, secondo cogli antichi edificj, e lunghezze delle strade. Il Signor Auzout ha trovato, che la porta della Rotonda detta *Pantheon* fabbricata da Agrippa Genero d'Augusto è larga piedi parigini 18., pollici 4.  $\frac{1}{2}$ . Se supponiamo per prendere un numero piano, che gli antichi l'avessero fatta di 4. passi, o piedi 20. Romani, competerà a ciascun piede antico particelle del Parigino 1324.  $\frac{1}{2}$ . Cassini nelle memorie dell' Accademia Reale del 1702. trovò la distanza tra Nimes, e Narbona due celebri colonie degli antichi Romani, di piedi Parig. 405000. Strabone dà a questa distanza miglia antiche Romane 88., ovvero piedi antichi 440000., essendo ogni miglio di 5000. piedi, o 1000. passi. Dal che si ricava, che ad ogni piede Romano antico competono 1325. particelle, e mezzo. Tra Bologna, e Modena il P. Riccioli, e Grimaldi Gesuiti trovarono piedi Parigini 114882., insieme con Domenico Cassini. A questa distanza attribuiscono la descrizione del viaggio d'Antonino, e le tavole di Peutinger miglia Romane 25., o piedi antichi 125000. Da questo si ricava il piede Romano antico di particelle 1323.  $\frac{1}{2}$ . Perciò tra queste prese l'Eisensteimid la misura mezzana, come apparisce nella tavola.

135. Niente pregiudicano alla misura stabilita le due pietre sepul-

plerali, una di Tito Statilio Misuratore, che sta nell'Orto Vaticano detto Belvedere; l'altra di Cossuzio, che è negli Orti de' Signori Mattei, nella prima delle quali il piede Romano antico è di 1311., nell'altra di 1315. particelle: imperocchè amendue le pietre come osservò Auzout sono un poco corrose. Niente altresì pregiudica l'esemplare del piede Romano di Vespasiano, che fu inciso in Campidoglio 141. anno in circa con l'autorità di Luca Peto ricavato dal corno di Bronzo, che è in Roma nel Palazzo Farnese, e da altri modelli ritrovati tra le antiche ruine. Questo è di 1306.  $\frac{1}{2}$ . Imperocchè Villalpando dallo stesso corno ricava, che sia di 1328., e Riccioli di 1335. Tutti tre però si sono ingannati non avendo osservato, che essendo il corno corroso di dentro, contiene più quantità d'acqua di quella di prima. Di più Villalpando si è servito per pesare l'acqua in esso contenuta d'una bilancia fallace, secondo che riferisce Savoto nel discorso delle antiche monete *parte 3. cap. 32. e 38.* Peto si servì della Statera, che è un istrumento fallace.

136. L'antico piede Romano si divideva in 4. dodranti, o palmi, il palmo in 4. dita ec. secondo i seguenti versi di Hunter *lib. 1. della Cosmografia.*

*Quatuor ex granis digitus componitur unus.*

*Est quater in palmo digitus, quater in pede palmus.*

*Quinque pedes passum faciunt; passus quoque centum,*

*Quinque, & viceni, stadium dant; et miliare*

*Octo dabunt stadia, & duplatum dat tibi leucam.*

Per nome di grano intendevano un grano d'orzo preso secondo la sua larghezza; ovvero 12. linee sottilissime con la penna, e poste vicine. Oltre queste misure avevano ancora il gomito composto di sei palmi, o 24. dita. Il dito era la quarta parte della larghezza de' quattro dita della mano uniti insieme. Il braccio detto da loro *Ulna*, e da Greci *orgyia* era la distanza de' bracci stesi a forma di Croce. Queste misure Romane per l'accurata proporzione, che tra loro conservano, sono state ancora chiamate *Geometriche*.

137. Oltre di questa divisione, ne avevano un'altra, colla quale distribuivano il piede in 12. parti uguali chiamate Oncie. Avevano poi varie parti del medesimo, che esprimevano co' nomi seguenti. *Denunx* erano  $\frac{1}{12}$  di piede, *Dextans*  $\frac{1}{6}$ , *Dodrans*  $\frac{1}{4}$ , o nove oncie, *Bes*  $\frac{1}{3}$ , cioè 8. oncie, *Septunx*  $\frac{2}{3}$ . *Semis*  $\frac{1}{2}$ , cioè 6. oncie, *Quincunx*  $\frac{1}{4}$ , *Triens*  $\frac{1}{3}$  o quattro oncie, *Quadrans*  $\frac{1}{4}$  o tre oncie. *Sextans*  $\frac{1}{6}$ , *Sexcuncia*  $\frac{1}{12}$ ,

OVVE-

ovvero un'oncia, e mezza. L'oncia avea anch' essa le sue parti, che sono le seguenti *Semuncia* mezz'oncia, *Duella*  $\frac{1}{4}$ , *Sicilicus*  $\frac{1}{4}$ , *Sextula*  $\frac{1}{4}$ , *Scrupulus*  $\frac{1}{4}$ . Nomi tutti de' quali si servivano anche per dividere l'asse; onde apparisce ulteriormente la proporzione, che regnava anche tra le misure, e i pesi.

138. Il piede di Londra si divide come il Parigino in 12. pollici, e il pollice in 12. linee; sta al Parigino com 16. a 15. La misura di 6. piedi la chiamano *Fatomo*. Il miglio Inglese è passi Parigini 1250., o piedi 6250.. Il Piede Inglese è composto di tre pugni; un pugno di 4. *inch*, un *inch* di tre grani. Un piede e mezzo fa un gomito; due gomiti un *yard*; un *yard* e un quarto fa un braccio. Cinque piedi fanno un passo, sei piedi una tosa; sedici e mezzo una Pertica, detta Verga; 40. pertiche fanno un *furlong*; otto *furlong* un miglio.

139. Il piede d'Argentina di Città contiene 922. millesime del Renolandico. Lo dividono in 12. pollici, e questo in 100. particelle. La pertica è di piedi 10. Il piede di campagna contine 941. parti di quelle del Reno. Il braccio è un piede, 10. pollici,  $\frac{1}{4}$ , ovvero piedi di Parigi 1., pollici 7., linee 10  $\frac{1}{2}$ .

140. Il piede di Norimberga di Città contiene 968. millesime di quelle del Renolandico, e si divide in 12. pollici. Il piede detto d'opere, di cui si servono in campagna, e li Scarpellini, è un pollice minore del primo. Il piede di Danzica contiene 914. parti di quelle del Renolandico.

141. Il Piede di Danimarca contiene 1008  $\frac{1}{4}$ . parti millesime del Renolandico. Il piede di Svezia ne contiene 946  $\frac{1}{4}$ . Si divide in 10. pollici, e questo in 10. linee. Oltre il piede Bolognese, che è nella Gran Sala de' Collegj, ce n'è un altro, che contiene particelle del Parigino 2826.

142. Il piede Veneto contiene 1107. millesime del Renolandico. Il braccio Fiorentino d' un'altra specie contiene 2580. particelle del Parigino. Il gomito Fiorentino contiene un piede Renolandico, 10. pollici, e 4. linee; ovvero 2597. particelle di quello di Parigi.

143. Le misure, delle quali si servivano i Greci, poco sono diverse da quelle de' Romani, avendole questi prese da essi. *Αυχας* era la distanza tra l'estremità del pollice, e del dito indice composta di 10. dita. Questa ora da Veneziani vien chiamata la *quarta*, perchè è la quarta parte del loro braccio mercantile. *Ορθόσωρον* era d'undeci dita, cioè l'intervallo dal campo della mano all'estremità delle dita. Il piede era di 16. dita; uguale a 992. millesime del Renano. Il gomito di 24. dita, cioè l'estensione dalla piegatura del braccio, detta gomito fino all'estre-

estremità del dito di mezzo della mano. Avevano due altri gomiti; cioè Πυγμή di dita 18., cioè la distanza dal gomito all'estremità del metacarpo della mano; da questa voce Πυγμή si denominarono i Pigmei. Πυγών era di dita 20., cioè l'estensione dal gomito, fino al nodo di mezzo del dito medio; uguale a questo il *palmipiede* Romano. Il passo Geometrico Greco era di piedi 5., il passo semplice di piedi 2½. Il braccio di 6. piedi; il *plestro* di piedi 100.; Lo stadio di piedi 600.; che equivalgono a 575½ piedi Parigini; Il miglio di 8. stadj. Tutte queste misure le chiamarono Olimpiche.

144. Il piede Egiziano stava al Romano, come 6. a 5. Il gomito conteneva particelle di Parigi 2384. Lo stadio conteneva tese Parigine 110½. L'*Arura* misura rustica era di 100. cubiti Egiziani. E' celebre ancora la *Parasanga* de' Persiani, che secondo Strabone conteneva stadj Egiziani 60.

145. Le misure degli Ebrei furono l'istesse, che quelle degli Egizj, i quali li tennero per lungo tempo in servitù. Onde il gomito Ebraico trovato da Bernard nel gran Cairo, che contiene parti Parigine 2462., e forse una misura introdotta da i Califi degli Arabi e i Rabbini, gli Arabi, e gli altri Orientali attribuiscono al dito Ebraico 6. grana d'orzo posto per largo, al palmo detto da essi *Tophach* grana 24., al gomito 6. palmi. Contenendo il piede di Parigi 87. grana d'orzo, apparisce perchè nella tavola precedente §. 130. abbiamo stabilito il gomito Ebraico 2384. parti. La *Spitama* detta dagli Ebrei *Zereph* era mezzo gomito. Secondo la Scrittura il Gigante Golia essendo di gomiti 6., ed una spitama, la sua altezza fu di piedi Parigini 10., ed un palmo maggiore avvantaggiato. Ebbero anche gli Ebrei la canna detta da essi *Kaneh*, che era di 6. gomiti. Il viaggio del Sabato di gomiti 200.; non potendo essi secondo il loro rito fare maggior viaggio in una giornata.

146. Determinate le misure delle lunghezze non è difficile a concepire quelle delle superficie, e le solide, dipendendo l'une dall'altre. Ma siccome intorno alle misure solide dette comunemente *Cave*, c'è qualche variazione, così di questa parleremo a parte.

147. Essendo BC il pollice Parigino, se sopra di esso si faccia il quadrato BADC, si dice questo pollice quadrato, e serve per misurare le superficie non molto grandi. Le maggiori si misurano quadrando nella stessa maniera il piede, o la tesa, Bc è la linea Parigina. Facendo il quadrato sopra di essa Babc, sarà questo la linea quadrata

drata, con la quale si misureranno le picciole superficie. Sopra il pollice quadrato BGHC si alzino a perpendicolo quattro quadrati AC, DH, FG, EB ad esso uguali, questo sarà il pollice cubico, col quale si misurano le solidità, o capacità de' corpi non molto grandi. Con lo stesso metodo ma b c d e si faccia di cinque quadrati uguali alla linea quadrata, sarà questa la linea cubica, che è la più picciola tra le misure cave. Il moggio di Parigi detto anche *Basello* è un cubo, che ha ciascan lato lungo 8. pollici  $7\frac{1}{2}$  di linea; questa misura serve per vendere il grano. Contiene perciò pollici cubici 644.  $\frac{1}{2}$ . Il mezzo sestiere contiene pollici cubici 12. Il sestario 24., la pinta 48. Ci è un altro sestario, che contiene 8. pinte. La botte di Parigi è di piedi cubici 8., cioè 36. sestarij, ovvero 288. pinte.

Tav. 1.  
Fig. 3.

148. In Argentina si servono dell' *Anfora*, che dividono in 24. misure, o cantari, e contiene pollici cubici 3287.  $\frac{1}{2}$ , o pollici cubici Parigini 2324.  $\frac{1}{2}$ . La misura contiene pollici cubici d'Argentina 136.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 96.  $\frac{1}{2}$ . La misura si divide in 4. Scopine; 24. *Anfore* formano una *Veggia*, o *Carro*, e con queste misurano i fluidi. Per gli solidi poi hanno il moggio di Città, che contiene pollici d'Argentina 1306.  $\frac{1}{2}$ , e Parigini 923.  $\frac{1}{2}$ . Ci è la quarta, e la decima sesta parte d'esso. Il moggio di villa contiene pollici cubici d'Argentina 1347.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 952.  $\frac{1}{2}$ .

149. Gli Inglesi hanno il *Galone* da vino, che contiene pollici cubici di Londra 227.  $\frac{1}{2}$ , o pollici cubici Parigini 184.  $\frac{1}{2}$ . Il *Galone* del formento pollici cubici di Londra 272.  $\frac{1}{2}$ ; Parigini 224.  $\frac{1}{2}$ . La *Pinta* da vino pollici cubici di Londra 28.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 23.  $\frac{1}{2}$ . La *Pinta* del grano pollici cubici di Londra 34.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 28.  $\frac{1}{2}$ . Il *Busello* pollici cubici 2180.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 1796.  $\frac{1}{2}$ . Il *Pecco* 545.  $\frac{1}{2}$ , Parigini 449.  $\frac{1}{2}$ .

150. Le misure cave de' Romani furono l' *Anfora*, che era un piede cubico Romano, conteneva 80. libbre d'acqua, e 1348. pollici cubici Parigini. Il *Sacco*, detto da essi *Culeus* era di pollici cubici Romani 34560., e Parigini 26960. . L' *Urna* composta di 864. pollici Romani, e 674. Parigini. Il *Cogno*, Romani 216., Parigini 168.  $\frac{1}{2}$ . Il *Sestiere*, Romani 36., Parigini 28.  $\frac{1}{2}$ . La libra di misura detta *Namina*, o *Cotyle* pollici cubici Romani, 18. Parigini 14.  $\frac{1}{2}$ . La *Quarnera* la metà d'essa; L' *Acetabulo* poll. cub. Rom. 4.  $\frac{1}{2}$  Parigini 3.  $\frac{1}{2}$ . Il *Bischieto* Romani 3, Parigini 2.  $\frac{1}{2}$ . La *Linguetta* detta da essi *Ligula*, Romani  $\frac{1}{2}$ , Parigini  $\frac{1}{2}$ . E queste erano misure de'

liquidi. Per le biade adoperavano le stesse; ma in vece del *Sacco*, *Urna*, e *Cogno* avevano il moggio, che conteneva pol. cub. Rom. 576., Parigi 449., e il mezzo moggio.

151. Le misure de' Greci non differivano da quelle de' Romani avendole questi prese da essi. Le misure cave degli Ebrei sono il *Bath*, che conteneva pol. cub. Rom. 2592., Par. 2022. *Hin* Rom. 4320, Par. 337. *Logo* Rom. 36., Par. 28. *L'Ovo* *Rabbino* Rom. 6. Par. 4. Così fu detto, perchè i Rabbini solevano determinare la sua misura dalla capacità d'un ovo di Gallinaccio.

## C A P O V I

## Della Figurabilità.

152. Molti degli antichi Scolastici, quantunque non negassero la figura de' corpi, perchè l'oculare esperienza li convinceva; negarono però quella delle parti de' medesimi. L'acqua per esempio dicevano è tutto un corpo creato da Dio d'una natura fluida; e così sono ancora tutti gli altri liquori. Il loro errore nasceva dal non avere ben letto, o meditato i problemi d'Aristotele; e dal non fare esperienze. Questa idea troppo materiale, che ebbero per lungo tempo delle parti, che compongono i corpi, nata dal considerarli superficialmente, fu sgombrata dalle Scuole da Bernardino Telesio Prefazione §. 14.; e successivamente da tutti gli altri moderni.

153. Per nome di *Figura* non s'intende altro, che l'idea determinata estensione, che ha qualche corpo, o parte di materia. Abbiamo già dimostrato §. 38. che dove c'è materia, quivi ancora ci deve essere estensione. Questo basterebbe per dimostrare, che ogni parte di corpo deve essere figurata. Ma siccome alcuno potrebbe dubitare, che ne' corpi queste parti figurate non ci siano, se non che dopo con l'attuale divisione si sono determinate; perciò per mezzo delle osservazioni si deve determinare questo punto.

154. *Osservazioni.* Se si guardano tutt' i corpi co' microscopj, si osserveranno le parti d'essi quantunque unite, distinte però una dall'altra. Ciò accade osservando le superficie de' metalli, quelle delle pietre, le terre di specie diversa, tutte le arene, i sali, i fossili di verli, e gli altri fossili. Né diverso sarà il prospecto de' vegeti e piante, degli animali, e delle loro parti. Così ancora guardati i fluidi sempre si vedrà dentro essi una quantità prodigiosa di parti

colle; che avendo figura diversa, nuotanti dentro un'acqua. Per distinguere poi le parti di questa, basterà metterla al fuoco a svaporare dentro una camera perfettamente chiusa, dove altro non entri, che un raggio di sole, e osservando il vapore a traverso di quel raggio; appariranno le parti dell'acqua di figura perfettamente tonda, staccate dal semplice nudo delle particelle del fuoco. Tutte queste osservazioni faranno particolarmente esposte ne' luoghi convenienti della Fisica, dove si parlerà de' corpi in particolare, o di qualche loro proprietà.

159. Da queste osservazioni possiamo ragionevolmente concludere, che anche quelle parti de' corpi, le quali sfuggono più perfettamente microscopj, quantunque unite insieme, abbiano ciò non ostante una figura determinata. Non creda però, che dobbiamo con questo metodo andare all'infinito; forse il primo fattore ha creato i primi elementi de' corpi composti d'altre parti in infinito, ma queste tutte unite danno una figura determinata all'elemento, che compongono, o qualche cosa di simile; se attualmente non si concepisce divisa, non la sia. Quindi meritamente possiamo concludere, che non solo tutti i corpi, ma anche le loro parti elementari, dette minimi naturali §. 79. hanno una figura determinata. Dalla diversità di queste dipendono le proprietà diverse, che veggiamo ne' corpi sensibili.

160. *Osservazioni.* Se si taceo l'ogni gli effluvj mandati fuori dal corpo col fuoco, o naturalmente, si vede, che conservano la stessa figura del corpo da cui sono usciti. Di questa ragione sono i vapori dell'acqua uniti per mezzo d'un corpo freddo; i fumi del Mercurio, il fiore del solfo, gli effluvj della canfora, e di tutte le resine, di tutti i fiori, e legni odorosissimi. Producendo queste parti del corpo un effetto determinato, e per lo più simile a quello del corpo da cui sono uscite, conviene concludere, che abbiano non solo divisa, ma anche unite una determinata natura; e perciò dentro lo stesso corpo hanno la loro figura particolare, che conservano ancora staccate da esso. Molte esperienze sopra ciò si possono vedere nelle Opere di Roberto Boyle, *de Natura determinata effluvjorum, de productione, & reproductione formarum; de exquisitis salium figuris.* Martino Lister molto anche dice nel trattato *de Fontibus Medicatis Angliae exercitatio prior Cap. 1.* Erasmo Bartolino nato a Roschild Città di Danimarca il 1625. nelle sue 13. questioni accademiche *De Natura*

## 68 CAPO VI. DELLA FIGURABILITÀ

*tura mirabilibus* stampate a Copenaghen nel 1674. Giovanni Freind nato a Cotrone Città della Contea di Northampton l'anno 1675., nelle sue *Praelectiones Chymicae, Prael. 9. de Crystalliz.*: stampate a Amsterdam nel 1710.

Tav. 1.  
Fig. 3.

157. Quindi ne siegue, che quando dividiamo un corpo, purchè non si faccia tutto in un colpo; ma a poco a poco, non si fa altro, che staccare una dall'altra le minime parti componenti, che erano già figurate. Nel dividerlo si diminuisce la sua solidità; ora si cerca se con la stessa proporzione si diminuisca la superficie; o pure che è lo stesso, se i corpi grandi abbiano tanto più di superficie de' piccioli, quanto li superano in solidità. Indipendentemente dalla Geometria è manifesto il contrario. Sia il cubo ACFG composto di sei pollici quadrati di superficie ABCD, DCHE, FHGE, EGBA, EADF, GBCH. Si divida in due parti uguali per mezzo d'un piano, che tagli in due i lati EA, GB, FD, HC. Questo piano farà anch'esso d'un pollice quadrato, uguale cioè al quadrato ABCD. La metà di questo cubo avrà ancora la metà meno di solidità di tutto intero; dunque la sua superficie dovrebbe essere 3., perchè prima quella di tutto il cubo era 6. Ma pure la cosa va altrimenti; la superficie del mezzo cubo è 4., essendo contenuta dal pollice quadrato ABCD, e da un altro corrispondente in faccia, da due mezzi quadrati laterali, e da altri due, un mezzo di sopra, e un mezzo di sotto. Onde il mezzo cubo contiene più superficie a proporzione della sua solidità, che il cubo intero. Lo stesso si può facilmente applicare a qualunque altro corpo regolare, o irregolare, quando si divide in parti. E la ragione è naturale; attesochè nel dividerlo si rendono cospicue le superficie delle parti, che prima si toccavano, ed erano dentro il corpo. Onde preso tutto, quando è ridotto in parti, troveremo la sua superficie maggiore, e la solidità la stessa; presane ciascuna parte, troveremo certamente la superficie, e solidità minori di prima; ma la superficie, relativamente alla solidità d'una parte avrà molto maggiore proporzione, che la superficie di tutto il corpo intero, relativamente alla solidità del medesimo.

C A P O V I I.

*Figurabilità Matematicamente.*

158. **I**L Signor Pitot è stato il primo che nelle memorie dell'Accademia Reale di Parigi del 1728. ha determinato la proporzione tra le superficie, e solidità di corpi diversi; quantunque il Galileo nel Dialogo 1. tomo 3. delle sue opere il primo sia stato, che osservasse questo accrescimento di superficie.

P R O P O S I Z I O N E V.

*In due Solidi simili, di grandezza diversa, la superficie del picciolo ha maggiore ragione alla sua solidità, che quella del grande alla sua; e le superficie sono tra di loro inversamente come i lati omologhi.*

159. **S**olidi simili si dicono quelli, che hanno un numero uguale di lati, e questi tra di loro la stessa ragione ciascuno a ciascuno. Questi lati corrispondenti si chiamano omologhi.

Per meglio concepire il Teorema siano due parallelepipedi, cioè due solidi contenuti da tre lati; e siano simili tra loro.

I tre lati del primo siano  $a, b, c$ .

I tre lati del secondo, dovendo essere più piccioli, s'esprimeranno per qualche frazione. Perciò se il primo lato corrispondente al primo del solido maggiore si chiamerà  $\frac{a}{n}$ , il secondo per la simiglianza de' solidi sarà  $\frac{b}{n}$ , il terzo  $\frac{c}{n}$ .

La base del primo sia  $a b$ , quella del secondo sarà  $\frac{a b}{n^2}$ .

L'altezza del primo sarà  $c$ , quella del secondo  $\frac{c}{n}$ .

Le superficie de' solidi si hanno per la Geometria, moltiplicando ciascun lato della base per l'altezza, e a questi prodotti aggiugnendo un'altra volta gli stessi, e due volte la base.

Onde la superficie del primo sarà  $2 a c + 2 b c + 2 a b$ .

La superficie del secondo  $\frac{2 a c}{n^2} + \frac{2 b c}{n^2} + \frac{2 a b}{n^2}$ ; cioè ridotte le frazioni

La solidità del maggiore sarà per la Geometria  $a b c$ . Quella del minore  $\frac{a b c}{n^3}$ .

La ragione, che passa tra la superficie del primo, e la sua

solidità si esprime dividendo quella per questa, e perciò sarà come  $\frac{2ac + 2bc + 2ab}{abc}$ .

Collo stesso metodo si troverà per le regole delle frazioni, che la ragione della superficie nel solido minore sta alla sua solidità, come questa frazione  $\frac{2acn + 2bcn + 2abn}{abc}$ .

Se queste due ragioni si moltiplichino per  $abc$ , allora le ragioni di superficie a solido si esprimeranno per  $2ac + 2bc + 2ab$ :  $2acn + 2bcn + 2abn$ .

Ma la prima quantità, come chiaramente si vede, è minore della seconda, ed esprime la ragione della superficie al primo solido; dunque nel solido maggiore la sua superficie alla solidità ha minor ragione, che la superficie del solido minore alla propria solidità. Lo che era primo.

$2ac + 2bc + 2ab$ :  $2acn + 2bcn + 2abn$  ::  $\frac{1}{n}$ :  $a$ ; ovvero  $\frac{1}{n}$ :  $c$ ; ovvero  $\frac{1}{n}$ :  $b$ , come apparisce moltiplicandogli estremi, e i mezzi. Dunque la superficie del maggiore, rispetto alla sua solidità, sta alla superficie del minore rispetto alla sua, come ciascun lato omologo del minore a ciascuno del maggiore; cioè inversamente come i lati omologi. Lo che dovea dimostrare per secondo.

160. Questa proposizione si può facilmente applicare a tutte le figure solide terminate da piani uguali, o disuguali, purchè siano simili tra loro. Onde si verificherà ne' cubi, ne' prismi, e in tutto le altre specie di figure regolari, e irregolari della stessa maniera, quando sono simili. Quindi lo stesso Teorema si verificherà ancora in tutti que' solidi terminati da superficie curve regolari, o irregolari, quando sono simili; cioè si concepiscono nati da infinitamente piccioli solidi di qualunque specie, che abbiano tra loro perfetta somiglianza. Molti de' corpi fisici li troviamo tra loro simili, perchè la natura sempre opera in una maniera costante; onde a questi potremo con frutto applicare la precedente verità matematica.

161. Ci siano due corpi, uno de' quali sia uguale a un piede cubico, l'altro a una linea. Il lato del primo o sia in lungo, o in largo, o in alto è d'un piede, cioè di 144 linee; il lato del secondo è di una linea; onde la superficie del primo corpo rispetto alla sua solidità, sarà a quella del secondo rispetto alla sua, come 1 sta a 144; cioè il corpo più picciolo conterrà cento quarantaquattro volte più superficie, rispetto alla solidità, che ha, di quella del primo paragonata colla propria solidità.

162. Quin-

163. Quindi potremo ancora dato il numero delle parti, in cui è stato diviso un corpo, determinare quanto si sia accresciuta la sua superficie con questa divisione sopra quella, che prima avea; giacchè nel dividere un corpo resta sempre la stessa solidità, perchè rimane lo stesso numero di parti. La radice cubica del numero delle parti esprimerà, quante volte si accresca la superficie. Per esempio se un corpo si dividerà in otto parti si accrescerà due volte la sua superficie, essendo 2. radice cubica di 8. Se un corpo sarà diviso in mille parti, la sua superficie si farà accresciuta dieci volte più di quello che era, perchè dieci è radice cubica di mille. Se un corpo sarà diviso in un milione di parti, la sua superficie si farà accresciuta cento volte, perchè cento è la radice cubica di un milione. Onde se un numero si dividerà in parti infinite, la sua superficie sarà prodigiosamente accresciuta.

163. La ragione di ciò è manifesta, perchè se prendiamo due cubi il primo d'otto pollici, e il secondo d'un pollice, la superficie del picciolo rispetto alla sua solidità sta a quella del grande, come la radice cubica di otto alla radice cubica d'uno, cioè, come due ad uno, §. 161. Fingiamo ora, che il picciolo pollice cubico fosse l'ottava parte del grande; concepiamo il grande diviso in otto pollici cubici, la superficie di ciascheduno rispetto alla propria solidità sta alla superficie di tutto il cubo grande rispetto alla sua, come due ad uno. Prendiamo il lato del cubo 8. si farà 2., il di cui quadrato essendo 4., la superficie di tutto il cubo, che è composta di sei quadrati, sarà 24. pollici quadrati. Ogni pollice cubico ha sei pollici quadrati di superficie; onde 8. pollici cubici avranno 48. poll. quad. di superficie; perciò la superficie di tutt'i piccioli farà a quella del cubo grande, come 48.: 24., ovvero come 2.: 1.

164. Questi scollarij sono di un infinito uso nella Fisica; noi ne daremo qualche esempio. L'aria dimostreremo, che pesa sopra tutte le superficie de' corpi, e questa pressione tanto è maggiore, quanto è più estesa la superficie de' medesimi. Un uomo, e un fanciullo si possono prendere come due solidi simili; supponiamo, che i lati omologhi di essi siano come due ad uno, la superficie del fanciullo rispetto alla sua solidità farà a quella dell'uomo rispetto alla sua come due ad uno. Ma le pressioni, che ricevono dall'aria sono come le superficie; dunque il fanciullo rispetto alla sua solidità sosterrà due volte più pressione dall'aria di quella, che

## 72 CAPO VII. FIGURABILITA' MATEM.

che sostenga l'uomo. Ora quanta sarà la pressione, che pruova un picciolo animaletto. Per resistere a questa pressione dell'aria si ricerca maggiore solidità, o consistenza nel corpo. Onde essendo la mosca più picciola d'una gallina, dovrà per volare avere i muscoli molto più consistenti per riguardo alla massa, che trasporta, di quelli della gallina relativamente alla propria.

165. Un vento, che non può inalzare un piede di marmo cubico, che pesi 188. libbre, lo inalzerà, se si riduca in grani d'arena, ciascuno de' quali è uguale per l'ordinario all'ottava parte d'una linea. Imperciocchè essendo un piede di 144. linee, moltiplicando queste per otto, conterrà 1152. ottave parti di linea o granelli d'arena. Dunque §. 162. tanto si sarà accresciuta la superficie del piede cubico diviso in grani; e perciò la forza del vento sarà 1152. volte maggiore di prima; ed essendo 188. libbre uguali ad oncie 2256., posta la libra di 12. oncie, se il vento prima avea forza d'inalzare poco meno di 2. oncie, ora inalzerà tutte le 188. libbre.

166. Abbia una palla di moschetto 6. linee, o mezzo pollice di diametro, e un'altra abbia 6. pollici, la prima palla avendo 12 volte più superficie incontrerà nell'aria 12. volte più resistenza; onde la palla più grossa andrà più lontano della picciola; e ciò è conforme all'esperienza degli Artiglieri.

167. Quindi si dimostra ancora il maggiore uso, che hanno le barche più grosse delle picciole per trasportare le mercanzie. Le resistenze, che incontrano queste nell'acqua rispetto alla loro solidità sono reciprocamente, come le loro lunghezze, o larghezze, quando siano barche simili per la proposizione precedente. Se dunque per trasportare una barca larga 25. piedi contro la corrente d'un fiume si ricercassero 12. cavalli; volendo trasportare la stessa mercanzia con barche simili di 5. piedi di larghezza, incontrando queste 5. volte più resistenza della grande, si ricercherebbero 60. cavalli. Gli altri eccellenti usi di questa proposizione s'esporranno ne' luoghi propri della Fisica.

## Della Resistenza.

168. **L**A sola estensione non fa la materia; perchè possiamo per la Prop. 2. §. 41. concepirla senza, che ci sia alcun corpo. Dove veggiamo corpi, quivi ancora si sente una resistenza, per la quale non possiamo subentrare nel luogo da loro occupato senza escluderli dal medesimo. I fluidi stessi come l'acqua ci cedono il luogo, se in essi vogliamo entrare. Ecco in qual maniera si forma l'idea dell'*Impenetrabilità*, che ha la materia; ed è questa una conseguenza del resistere, che vicendevolmente si fanno i corpi. Onde quando siamo fanciulli, non giudichiamo, che l'aria sia corpo, perchè non proviamo alcuna resistenza §. 41., sentendo poi la resistenza del vento, siamo soliti dire, benchè impropriamente; *il vento è venuto*; quando questo altro non è, che l'aria, d'intorno la quale ora viene agitata da qualche cagione.

169. Questa resistenza, e impenetrabilità de' corpi perpetuamente la sperimentiamo stando in piedi, o a giacere, camminando, o facendo qualunque altra funzione, sempre sentiamo un corpo, che ci sostiene. E' tale proprietà de' corpi una di quelle, che noi continuamente sperimentando riconosciamo benissimo essere il loro distintivo, e l'essenza; ma non la comprendiamo chiaramente, se non quando ci facciamo un poco di riflessione. Essendo sempre in noi, si confonde colla sensazione, o coscienza, che di continuo abbiamo di vivere; come accade a tutte le altre impressioni, che proviamo ogni momento. Di questa ragione è il moto del cuore, de' polmoni, la circolazione del sangue ec. da noi non sentite, perchè continue. Ma se si accelera, o ritarda il loro moto, questa mutazione a noi si rende sensibile; così ancora se all'improvviso a noi manca l'appoggio del nostro corpo, tosto ci accorgiamo della resistenza, che ci facevano gli altri corpi a non cedere.

170. Quantunque tali dottrine siano chiarissime, pure hanno preteso alcuni Filosofi di rivocarle in dubbio. La prima sentenza è della maggior parte degli Scolastici, che pretendono non essere essenziale alla materia la resistenza. Concepiscono questi, che la materia da per se stessa considerata sia informe, e capace di ricevere qualunque determinazione. Sopraggiungendo ad essa la quantità, si

determina la materia ad essendesi per riguardo al luogo; sopravvenendo la forma, viene determinata a rappresentare qualche corpo particolare. Questa quantità, ch'entra nella *materia* detta da loro *prima*, produce in essa l'impenetrabilità; onde questa è un effetto prodotto dalla quantità in ogni tempo, e continuamente ne' corpi. Quindi naturalmente non si può levare l'impenetrabilità a' corpi; perchè è un effetto sempre prodotto dalla quantità; come dal Sole il riscaldare naturalmente. Ma per Divina Potenza si può togliere l'impenetrabilità da' corpi, essendo questa un effetto naturale, ma non essenziale della quantità. La natura di questa consiste nell'esigere l'impenetrabilità, non già nell'esserlo attualmente. Perciò l'essenza della materia non è d'essere attualmente resistente, ma solamente capace di resistere. Confermano la loro sentenza con alcuni miracoli, da quali apparisce, che il corpo di nostro Signore penetrò le porte del Cenacolo in Emaus dove erano i suoi Discepoli congregati; la lapide sepulcrale quando risorse ec.

171. Questa dottrina de' Peripatetici, che ha avuta l'origine dalla astrazione *Prof. §. 18.*, dimostra bene quanto ha di forza l'immaginazione umana per rendere reale, e vero, ciò che non è altro; che un effetto di varie riflessioni fatte da noi sopra i corpi. Io non cerco la natura della materia non ancora creata; questa si può definire una *Sostanza, che può esistere; ricerca d'occupar luogo, e d'essere impenetrabile*; ma la materia realmente esistente deve essere *Sostanza attualmente estesa, e impenetrabile*. Una materia come la definiscono i Peripatetici è poco dissimile dalle *Mbnadi* Leibniziane, delle quali abbiamo già dimostrato l'insufficienza §. 35. Ma replicherà alcuno; se Iddio togliesse l'impenetrabilità attuale a un corpo, che resterebbe? rispondo, che rimarrebbe un corpo possibile, ideale, e metafisico; non già attuale, reale, e fisico. Noi per ora cerchiamo, che cosa è la materia, non quello, che può essere, abbastanza abbiamo esaminato la natura della materia nella Proposizione 1. §. 17., e seguenti.

172. All'argomento, che portano ricavato da' Miracoli, potremmo rispondere, che noi definiamo ciò che accade naturalmente, non quello, che è sopra la natura. Delle verità naturali siamo convinti per mezzo d'una esatta dimostrazione; le soprannaturali le crediamo fondati sull'autorità di chi ce le ha rivelate. Molto diversi sono i limiti della ragione da quei della fede; nè

bisogna insieme confondere due cose disparatissime. Ma siccome per lo più le Scuole sogliono dare alle dottrine moderne la tac-  
cia di poco sane, e sospette; conviene per questa, e consimili diffi-  
coltà loro rispondere più determinatamente.

173. Il Miracolo è un effetto da Dio prodotto non *contro l'ordine naturale*, o le leggi, che il primo fattore liberamente si è prefisso nella creazione del Mondo. Se ciò fosse, come chiara-  
mente si vede, opererebbe Iddio contro se stesso, e sarebbe mu-  
tabile; lo che è contro l'idea, che d'esso abbiamo. Sarà per-  
ciò il Miracolo un effetto *sopra l'ordine* della natura, cioè fuori  
del consueto modo d'operare, che hanno le cose create. Posto ora  
che abbia stabilito l'impenetrabilità come essenza d'un corpo, le-  
vando questa, per necessità dovrà ancora distinguersi il corpo,  
altrimenti Iddio opererebbe contro il primo stabilimento; se vor-  
rà tosta l'impenetrabilità far restare una sostanza, lo potrà fare;  
perchè tutto è possibile *Prof. §. 17.* ma questa non farà materia,  
perchè abbiamo supposto una contraria determinazione in lui.  
Leggasi sopra di ciò S. Agostino nel Trattato 24. sopra S. Gio-  
vanni: *Miracula, quae fecit Dominus noster Jesus Christus, sunt quidem divina opera &c.*, e poco dopo; *secundum ipsam suam misericordiam servavit sibi quaedam, quae faceret opportuno tempore praeter usitatum cursum, ordinemque naturae: ut non majora, sed insolita videndo stuperent, quibus quotidiana visuerant. Majus enim miraculum est gubernatio totius Mundi, quam saturatio quinque millium hominum de quinque panibus. Et tamen hoc nemo miratur: illud mirantur homines, non quia majus est, sed quia rarum est.*

174. Se qualcheduno curiosamente investigasse, come poteva  
nostro Signore entrare a porte chiuse; rispondiamo in infinite ma-  
niere, e tutte fuori dell'ordine naturale; ma faremmo troppo ardi-  
ti decidendo, che più tosto in questa, che in un'altra maniera ha  
fatto. Alcune solo ne accenneremo per appagare l'umana curiosità.  
Potea miracolosamente far apparire il suo corpo di là dalle porte;  
Potea annientire queste, e tornarle a creare; Potea aprire mira-  
colosamente, e invisibilmente le porte, e tornarle a chiudere ec.  
Ma il voler obbligare il Signore d'entrare nel Cenacolo col togliere  
l'impenetrabilità alle porte, e conservarle, per confermare l'imma-  
ginata sentenza intorno la natura della materia, è troppo pre-  
lunzione. Pur troppo però siamo devianti dal nostro istituto.

175. La seconda opinione intorno la resistenza della materia, è d'alcuni tra modernì Filosofi, che ammettono l'impenetrabilità attuale di tutte le parti della materia, ma negano, che questa resistenza sia una forza ne' corpi, per mezzo della quale conservano il moto; o la quiete, che hanno, e ugualmente resistono all'uno e all'altra. I corpi, dicono essi, non si possono penetrare, ma la forza, colla quale si resistono al non penetrarsi, dipendente dalla loro massa, è infinitamente picciola. Ogni resistenza, che fanno deriva dalla loro gravità, dall'aria, o altro mezzo, in cui si muovono, dall'elaterio, attrazione, e qualunque altra forza, che loro è impressa. Detratte queste, tanto farebbe resistenza a muoversi una montagna, quanto un grano d'arena; e colla stessa facilità si ridurrebbero di nuovo alla quiete se si movessero.

176. Imperocchè nè per mezzo de' fenomeni, nè co' raziocinj metafisici si può dimostrare questa forza di resistenza; e neppure determinarsi se la materia sia indifferente al moto, e alla quiete ugualmente; lo che si ricerca per quelli, che ammettono la forza di resistenza. Non colle osservazioni, perchè non mai per loro mezzo dimostreremo, che l'attrazione vicendevolesse delle parti de' corpi, la gravità, la forza elastica non siano naturali, ed essenziali alla materia, non potendosi quelle levare da questa. Molto meno si può determinare se i corpi, che si muovono, non tendano naturalmente alla quiete. Perchè tutte l'esperienze, che facciamo sono ne' mezzi resistenti dell'aria, o di questa assai rarefatta; la quale ritardando il moto de' corpi, è cagione della loro quiete; e perciò non possiamo sapere, se da per se stessi sebbene più tardi non si ridurrebbero in riposo. Nè colla Metafisica si potrà mai determinare questa resistenza; perchè della natura de' corpi parliamo metafisicamente per mezzo de' fenomeni, nè ancora con questi siamo arrivati ad una perfetta cognizione di essi.

177. Prima di esaminare, se questa opinione sia vera, è necessario dimostrare, che non solo ogni corpo, *ma ogni minima particella di materia è attualmente impenetrabile, e solida*. 1. Se affotigliandosi la materia diventasse penetrabile, farebbe allora una pura capacità; ma questa è lo stesso, che lo spazio Prop. 2. §. 41.; dunque la materia resterebbe distrutta; e perciò ogni parte di essa deve essere impenetrabile. 2. Lo stesso argomento del §. 63. d'una particella posta tra due warmi, si può applicare per dimostrare l'impenetra-

tra-

trabilità della materia ; se si toccassero perfettamente i marmi non ci farebbe niente di mezzo ; e perciò la materia penetrabile è niente, o un puro spazio.

178. Quindi se tra due lastre si metta una goccia d'acqua, non potranno queste toccarsi perfettamente, se non resta esclusa la stessa. La solidità dell'acqua apparisce evidentemente, quando si congela dal freddo ; la sua solidità è uguale a quella del marmo . Con ciò si spiega ancora, perchè cadendo un piatto di cera sopra l'acqua, non di taglio, si rompe in pezzi, quasi come cadesse su d'una dura pietra. L'aria stessa ha una solidità considerabile, come ora proveremo.

179. *Esperienza*. In un vaso pieno d'acqua si metta a galleggiare un pezzetto di legno A. Quindi sopra di esso calisi il vaso di vetro aperto in A, e chiuso in B perpendicolarmente ; a misura, che si fa discendere nell'acqua osserveremo, che la superficie di essa, che sta sotto il vaso, si abbassa, e poca quantità n'entra dentro ; come il legno A dimostrerà evidentemente. Ma dentro il vaso non c'è altro, che l'aria ; dunque questa è solida, e resistente.

Tav. 3.  
Fig. 1.

180. Quindi se dentro un vaso si deve mettere qualche liquore, bisogna dar adito all'aria, che esca, nel tempo, che si versa il medesimo. Onde se l'imbuto, col quale si riempiono i fiaschi di vino, chiuderà esattamente il collo de' medesimi, non potrà il liquore scendere nel fiasco. Così ancora per riempire d'acqua alcune caraffe di collo sottilissimo, bisogna prima col fuoco scaldarle, per farne uscire porzione d'aria, e in questa maniera dar luogo all'aria esterna, che preme, e spinga l'acqua dentro il vaso.

181. *Esperienza*. Se dentro il vaso d, immergiamo il cannello DC, il liquore, che c'è dentro salirà nel tubo a proporzione, che s'immerge. Serve questo stromento per levare il liquore da un vaso, che non si possa muovere dal sito, in cui si trova . Ma se prima d'immergerlo si chiuda col dito in c, allora il liquore non entrerà per d, a motivo, che l'aria di dentro non potendo uscire per c, resiste colla sua solidità. Così ancora se dopo, che si è immerso il tubo, si chiuda l'apertura c, il liquore non uscirà dal cannello, perchè essendo la bocca d stretta, la picciola superficie del liquore, che sta per uscire dal buco d, viene trattenuta dalla solidità dell'aria di fuori, non premendo molto la stessa, per la sua picciolezza. Molte altre di queste sperienze esporremo parlando della pressione, che fa l'aria su i corpi, la quale non potrebbe esercitare, se non fosse impenetrabile.

Tav. 3.  
Fig. 2.

Tav. 3.  
Fig. 3.

182. *Esperienza.* La luce stessa, le di cui parti dimostreremo più sottili di quelle dell'aria, è impenetrabile, imperocchè battendo sulle parti solide de' corpi, da queste si riflette, e così veggiamo gli oggetti. Viene ribalzata ancora, e raccolta in un punto da' specchi concavi metallici, o di vetro detti *Ustorj*, perchè brugiano i corpi. Ma tutti questi effetti non farebbero prodotti, se le minime parti della luce non fossero solide; dunque queste, e ogni altra minima particella di materia è impenetrabile. Perciò *questa proprietà si trova sempre, dove c'è materia.*

183. Dimostrata l'Impenetrabilità, resta ora, che contro alcuni moderni proviamo, che tale proprietà nasce da una forza de' corpi, per la quale resistono a qualunque mutazione del loro stato; e che questa dipende dalla loro massa, ed è sempre proporzionale a questa in corpi diversi, e nello stesso è corrispondente alla forza impiegata in mutare il loro stato. Questa forza detta dal comune delle Scuole, ma impropriamente §. 36. *Solidità, o Impenetrabilità*, la nomina Giovanni Keplero *Resistenza*, o *Forza d'Inerzia*; e Newton *forza inerente a' corpi*. Si chiama *Resistenza*, se consideriamo il corpo, che procura di conservare il suo stato; *Forza*, ovvero *Impero*, se riflettiamo, che il corpo non può ciò eseguire, senza far forza di mutare lo stato della causa, che in lui opera. Il volgo certamente attribuisce resistenza a' corpi, che stanno quieti, e forza a quei, che si muovono; ma queste non devono distinguersi, che relativamente. Conobbe questa forza di resistenza ancora Lucrezio con Epicuro, così parlando del Vuoto nel *Lib. I.*

*Quod si non esset, nulla ratione moveri*

*Res possent. Namque officium, quod corporis extat  
Officere, atque obstarè, id in omni tempore adesset  
Omnibus.*

184. Per farsi strada a concepire questa Resistenza ne' corpi conviene esaminare un corpo, che abbia un principio intrinseco di moto, o una forza di determinarsi, quale è il corpo umano, che per mezzo dell'anima può muoversi. Supponete che un uomo vi venga incontro, e voi vogliate spingerlo in parte contraria, sentirete che vi fa una considerabile resistenza. Fingete ora, che quest'uomo stia fermo, ma faccia sforzo per non andare avanti, e voi lo vogliate spingere per avanti; pruoverete poco minore resistenza di prima. Immaginatevi ora, che cammini già avanti spontaneamente,

te,

te, e voi colla stessa forza, colla quale si muove vogliate urtarlo, non sentirete alcuna resistenza, e perciò col moto, che volevate imprimergli, caderete boscone. Considerate ora, che il corpo di questo sia indifferente a' muoversi per qualunque verso; ciò non ostante esperimenterete nell'urtarlo della resistenza minore del primo, e secondo caso, ma però considerabile ancora, e proporzionale alla massa del suo corpo. In quest'ultimo solo caso vi resiste per la forza d'inerzia, che ha; ma nel primo, e secondo oltre questa c'è ancora il moto, o l'attuale sforzo, che fa il corpo di muoversi. Questa è quella forza, che m'accingo a dimostrare nella seguente.

PROPOSIZIONE VI.

*Ne' Corpi c'è una forza di Resistenza, dipendente dalla loro massa, e a questa proporzionale.*

185. **O**sservazioni. Per muovere un corpo da un luogo ad un altro, è necessario imprimere ad esso una forza determinata, la quale deve essere tanto maggiore, quanto più grande è il numero delle parti da trasferirsi. Imperocchè nè la natura del corpo richiede più tosto il moto, che la quiete; concependo noi ugualmente un corpo, o si muova, o stia fermo in qualche luogo; Nè osserviamo, che i corpi siano più tosto inclinati al moto, di quello, che alla quiete; esperimentando tutto giorno, che ci vuole ugual forza per comunicare al corpo un grado di moto, che per levarglielo, quando attualmente si muove, e ciò accade se bene il corpo prima si movesse verso qualche parte, per mezzo di qualche forza sua naturale o impressa, come osserveremo più avanti. Dunque ogni corpo di propria sua natura è indifferente al moto, e alla quiete, e perciò inerte. Questa inerzia considerata come una negazione d'ogni forza, non suppone nel corpo alcuna forza particolare; e perciò in questa parte hanno ragione alcuni de' moderni, i quali hanno detto, che la forza d'inerzia non è niente di positivo. Ma se poi consideriamo, che nel muoversi un corpo dobbiamo sempre trasferire una determinata massa, che di natura sua non è determinata al moto, o almeno a quel grado, che gli vogliamo comunicare; mi pare evidentissimo, che quanto maggior massa deve trasportarsi, tanto maggiore resistenza dobbiamo incontrare.

Age-

Agevolmente ognuno vede, che detratta anche la gravità da una montagna, e ogni altra forza di resistenza, proveremo nientedimeno molto maggiore intoppo a muoverla di quello, che un grano d'arena, per la semplice quantità di materia molto maggiore nella prima, che nel secondo. Per muovere un corpo devo introdurre una nuova disposizione, che in esso non era; dunque se questo sarà infinitesimo, mi farà una resistenza infinitesima, se finito, finita, se infinito non potrà introdurci questa nuova modificazione. Introdotta che l'ho, la stessa massa di sua natura inattiva la tratterrà con forza ad essa proporzionale.

186. Leonardo Eulero nel tomo I. della sua *Mecanica* stampata a Pietroburgo nel 1736.; inerendo al principio Leibniziano della ragione sufficiente, dimostra un poco più chiaramente dell'Anschio nel Teorema 102. de' suoi principj Leibniziani questa forza d'inerzia. Nel *cap. I. propos. 7.* dice, che un corpo quieto assolutamente, sempre resterà in tale stato, se da qualche causa esteriore non viene posto in moto; perchè in uno spazio vuoto non c'è alcuna ragione sufficiente; per cui debba più tosto muoversi per un verso, che per un altro. Questo difetto di ragione sufficiente nella determinazione d'un corpo, quantunque non sia la vera, ed essenziale cagione del rimanere quieto un corpo; ciò non ostante indica, che nella natura di esso c'è una ragione intrinseca, per cui sempre rimarrà quieto. Onde posto il corpo nel Mondo, e perciò in uno spazio, che contiene materia, non cesserà questa ragione intrinseca, che è nel corpo: dunque essendo quieto, così rimarrà perpetuamente, se disturbato non viene. Da questo si deduce, che un corpo una volta quieto, detratta ogni causa esteriore non solo sempre così starà, ma ancora sempre è così stato. Perciò un corpo, che una volta assolutamente si muove, mai potrà da per se stesso ridarsi alla quiete. Fingiamo, che per propria natura cessi di muoversi, secondo ciò, che ora abbiamo dimostrato, bisognerebbe, che anche prima fosse sempre stato quieto; il che è contro l'ipotesi. In questa maniera l'Eulero dimostra la naturale inerzia della materia. Ma siccome sveglia più difficoltà questa dimostrazione, e dall'altra parte non pare, che perfettamente ci convinca di questa resistenza attuale, che fanno i corpi alle mutazioni del loro stato; così passiamo alle esperienze.

187. *Esperienza.* Sia il vaso MN di creta, che si riempia per metà

metà d'acqua, ed avendo il suo fondo E liscio, si ponga sopra una tavola piana, e levigata; in maniera che facilmente, senza trovare Tav. 3. intoppo, scorra sopra di essa. Sitiri adagio da M verso A, l'acqua Fig. 4. salirà verso N, e s'abbasserà dalla parte M; senza interrompere il moto si seguiti a tirare, osserverete poco dopo, che l'acqua torna ad essere orizzontale, come prima del moto; e seguita sempre così. Fermate allora il bacino, vedrete l'acqua salire verso M, e qualche volta ancora uscir fuori di esso. Questi tre effetti si vedranno più sensibili, quanto maggiore quantità d'acqua conterrà il Bacino.

188. Cinque possono essere le cagioni di questi tre effetti contrarj. Il moto del vaso, il peso, l'urto, l'aria, e l'inerzia. Non il moto del vaso, perchè si fa verso A, e l'acqua si muove in contrario, cioè verso N. Non il peso, perchè l'acqua sale contro la direzione de' corpi gravi, che sempre discendono. Ne vale il dire, che l'acqua resiste a muoversi per lo peso, che ha, e da questa resistenza nasce il primo salire in N. Perchè essendo il piano orizzontale, non trasportiamo l'acqua più lontano da terra, e perciò contro la tendenza naturale, che le da il peso; onde questo non può contrastare il moto, che le diamo; ugualmente gravita nel luogo dove è, che in quello dove successivamente va passando. Di più, il peso è una forza attiva ne' corpi, per la quale continuamente si sforzano di discendere; onde se nel primo momento facesse ostacolo al moto, lo farebbe sempre; e perciò non si quieterebbe l'acqua, e fermando il vaso, non salirebbe mai in M, il che è contro la direzione della propria gravità. Non può essere l'urto, perchè il piano si suppone non scabroso, e così anche il fondo E, che per evitare ogni strofinamento si fa circolare a modo d'un anello, acciocchè in pochi punti tocchi il piano. Inoltre l'urto essendo irregolare, farebbe incresparsi l'acqua, il che non si vede; non già alzare in N. Molto meno può rifondersi nell'aria; perchè l'orizzontale preme solo il lato del vaso ME, non l'acqua in esso contenuta; la pressione perpendicolare sopra l'acqua non può far salire questa in N, e poi nel moto noi non andiamo contro la pressione dritta, ma contro l'orizzontale. A tutto questo s'aggiugne, che se l'aria resistesse all'acqua, farebbe almeno provata la forza d'inerzia in essa, come più avanti dimostreremo.

189. Perciò la causa del fenomeno si deve solamente ripetere dalla naturale inerzia, o inattività della materia. Sul principio l'acqua

## 82    S E Z I O N E    T E R Z A

resiste al moto, cioè si sforza di star quieta nello spazio MEN; ma intanto il vaso si avvanza verso A; dunque non può questa sforzarsi di rimanere nello spazio assoluto MEN; se nel relativo, cioè nel vaso non s'alza verso N. A poco a poco acquista finalmente l'acqua il moto del vaso, e si distrugge in essa l'inattività a muoversi; onde camminando colla stessa velocità del vaso, sta in questo ferma, in una situazione orizzontale. Se allora si ferma il vaso, essendogli il moto dentro l'acqua verso A, per la stessa inattività d'essa, proseguirà a muoversi. Ma il vaso è fermato; dunque salir deve verso M. Questi effetti sono maggiori, quanto più grande è la quantità d'acqua contenuta nel vaso; perciò la *Forza d'inerzia si dà, ed è proporzionale alla materia de' corpi.*

190. La stessa forza d'inerzia è causa, che stando a sedere in carrozza, quando questa comincia a muoversi, e che noi non lo preveniamo, quei, che sedono dalla parte di dietro, urtano colla schiena nella carrozza; que' che sedono dalla parte de' cavalli s'abboccano; sempre cioè movendosi in parte contraria al moto della carrozza. Quando questa cammina tutti stanno quieti; se allora d'improvviso si ferma, que' di dietro si abboccano, que' d'avanti danno indietro; ciascuno sforzandosi di seguire il moto già ricevuto.

191. *Osservazioni.* Sia la palla A di piombo sospesa dal lungo, e sottile filo AC, e la palla B attaccata a un altro filo BC; e simile in tutto alla prima, la urti con quattro gradi di moto. Se la palla A, che prima era quieta non facesse alcuna resistenza alla palla B; ambedue dopo l'urto si moverebbero con quattro gradi di moto verso a, b; perchè la resistenza sola è quella, che annienta il moto; onde questa mancando, il moto resterebbe come prima. Ma l'esperienza dimostra il contrario, come vedremo nella Dinamica, perdendo la palla B porzione del suo moto, ed altrettanto acquistandone A; dunque realmente resiste la palla A, che sta quieta, nell'atto, che l'altra la urta. La palla A diventi trenta, o quaranta volte maggiore di massa, e B minore, le venga incontro colla stessa forza, non la spingerà così lontano come prima, ma assai meno. Se la palla B non dovesse levare da A, che la privazione del moto, tanto nel primo, quanto nel secondo caso, nascerebbe lo stesso effetto; dunque la palla A resiste realmente, e ciò a proporzione della massa, che contiene.

192. Dirà forse qualcuno, che questa resistenza nasce dall'aria, che

Tav. 3.  
Fig. 5.

Tav. 3.  
Fig. 6.

che A deve spingere quando si muove: ma se ciò fosse, in un luogo voto d'aria quanto a nostri sensi, accaderebbe diversamente; ma la sperienza dimostra quasi lo stesso; perciò non può dipendere molto la resistenza della palla A da quella dell'aria. Di più se questa fosse la cagione di resistere, per accrescere in A del doppio la resistenza, converrebbe farla di superficie doppia, allora escluderebbe due volte più aria di prima. Ma la sperienza fa vedere, che basta accrescere del doppio il peso della palla; e per far ciò non si ricerca doppio volume in essa, ma minore; dunque la principale causa della resistenza è la massa stessa della palla, non l'aria. Ma concesso, che l'aria sola fosse la primaria cagione; perchè questa resiste al moto di A, se non per la sua densità, o massa. Imperocchè l'elaterio dell'aria non può aver parte nella resistenza; attesochè tanto è rispinta la palla A dalla forza elastica dell'aria davanti, quanto è spinta da quell'aria di dietro; perciò l'elaterio dell'aria in questo caso non deve computarsi.

193. Può ricavare però qualcuno, che tutta la resistenza della palla A nasce dal suo peso, il quale è proporzionale alla massa, e sforza la palla a star tesa, e nel sito perpendicolare alla terra. Ma nè anche il peso può essere cagione principale della resistenza. La palla A attaccata al filo AC lo stende col suo peso; e questo col chiodo C, per la tenacità delle loro parti, sostentano tutta l'azione del peso; e perciò questo diventa zero, quando la palla è verticale come nella figura. Dunque o la palla sia grande, o picciola, quando è in tal sito, la sua gravità, e perciò la resistenza, che fa, sarà la stessa, perchè uguale a zero. Ma noi osserviamo, che la resistenza è sempre proporzionale all'intera massa della palla, e cresce come si aumenta questa, cala come si diminuisce; dunque la resistenza dipende dalla massa, e non dal peso. E di fatto, se con una mano si leva la palla dal sito verticale non si sente sul principio, che picciola porzione del peso, che ha; a misura, che si alza, tenendo sempre il filo AC tirato, il peso cresce; finchè quando il filo è orizzontale, sentiamo allora l'intero peso della palla. Non così però accade della resistenza, che fa all'urto della palla B; se A diventa doppia, tripla ec. doppia anche, e tripla è la resistenza fatta da essa al globo B, nel momento dell'urto, sebbene descriva A un picciolissimo arco, nè molto s'indiscosti dalla situazione perpendicolare. In una parota, se la resistenza di A procedesse dal solo peso, quat-

lunque fosse questo, ad ogni minimo urto di una anche picciolissima palla, si smovrebbe dal sito verticale; ma ciò è falso; dunque ec.

194. A tutto ciò aggiungete, che i corpi, se resistessero solamente col peso, non farebbero resistenza, che per una linea perpendicolare alla terra, essendo questa la direzione de' gravi; e sob quando si volessero discostare da essa. Ma noi tutto giorno osserviamo, che ci resistono per qualunque direzione, siano quieti, o si muovano; resistono anche quando attualmente scendono verso terra, come dimostreremo; dunque la loro massa è principale cagione della resistenza.

195. *Esperienze.* Quando il globo A si muove in un fluido, sente una continua resistenza, per qualunque direzione si muova: Ora questa nasce o dalla tenacità, e aderenza delle parti d'un fluido, o dalla densità, e materia, che contiene. La prima causa si può diminuire attenuando le parti del liquore; ma la seconda si trova sempre proporzionale alla sua densità. Newton nella questione 28. al libro terzo della sua Ottica ristampata in Ginevra nel 1740. ha trovato per mezzo de' pendoli AC, ovvero BC, che facendoli oscillare in liquori diversi, ma quasi della stessa densità, come sono l'acqua, lo spirito di vino, di trementina, l'olio caldo ec. la resistenza, che provavano, era quasi la stessa. All'incontro la resistenza, che il pendolo incontra nell'acqua è tredici, o quattordici volte minore di quella, che incontra nell'argento vivo oscillando; e l'acqua di tanto appunto è meno densa del mercurio. La resistenza, che fa l'aria è ottocento, o novecento volte minore di quella dell'acqua; e di tanto appunto è più picciola la densità dell'aria: Che più, nello stesso fluido come l'aria, diminuendo la sua densità, a proporzione si diminuisce ancora la resistenza, che fa al pendolo; inoltre scaldando l'acqua si assottigliano sensibilmente le sue parti, e perciò si diminuisce la sua tenacità; ma la resistenza come ha sperimentato il Newton resta quasi la stessa. La resistenza, che fa l'aria ad una piuma, è considerabile, perchè scende da alto più tardi d'una palla di piombo; ma in una campana alta di cristallo, diminuendo la densità dell'aria quasi in infinito, per mezzo della macchina detta Pneumatica, la piuma scende nel tempo stesso della palla, e perciò anche la resistenza dell'aria è diminuita in infinito. Onde la resistenza de' fluidi essendo per ogni direzione principalmente proporzionale alla loro

Tav. 3.  
Fig. 5.

lorodensità; cioè alla maggior massa, che contengono sotto lo stesso volume; ne siegue, che si dà realmente questa forza d'inerzia, dipendente dalla massa de' corpi principalmente.

196. *Esperienze.* Caschino da un'altezza più globi uguali in volume, ma di materia diversa, uno di carta, l'altro di legno, il terzo di marmo, il quarto di piombo ec. si percuocono all'ingiù tutti colla stessa forza, per dar loro maggiore velocità di quella, colla quale discendono. La mano, che li spinge, proverà resistenza da tutti, maggiore però dal piombo, che dal marmo; più da questo, che dal legno, e minima di tutti dal globo di carta. Quantunque la mano li spinga secondo la direzione della loro gravità, ciò non ostante resistono, perchè la velocità è maggiore di quella, che loro dà il proprio peso; dunque di questa resistenza non può esser causa il peso, che naturalmente li determina all'ingiù, ma deve essere la loro massa, che la obblighiamo a scendere con maggiore velocità della già ricevuta nella prima creazione delle cose. Nè questa velocità maggiore è contraria al peso, che a poco a poco tale, e anche più grande la comunicherebbe al corpo; attesochè ogni momento questo accelera il moto suo come dimostreremo parlando della gravità. Dunque la maggiore velocità è contraria solo alla massa del corpo, la quale movendosi in quel momento con un determinato grado di velocità ricevuta dal peso, resiste ad un altro maggiore di esso.

197. La resistenza che fanno i globi cadenti truovasi proporzionale alla loro massa; dunque non dipendendo, come ora dimostrammo, dal peso, deve la forza d'inerzia ne' corpi essere proporzionale alla materia, che contengono.

198. *Esperienza.* Lo stesso si conferma in questa maniera. Sia la macchina della figura 7., come l'espone l'Abbate Nollet nel tomo 1. delle Lezioni fisiche stampate a Parigi nel 1745. D è un picciolo martello d'avorio teso dalla molla C, che per mezzo de' denti si può caricare più o meno. Tirando la corda EF si scarica la molla, e il martello D. bate sopra un pezzo d'avorio, e questo spinge la palla B d'avorio. Nel tempo stesso cade la palla A attaccata colla cera alla B, e uguale ad essa. La palla A scende col proprio peso; ma B cade inoltre coll'impulso ricevuto dal martello, e perciò accelera la sua discesa; onde quando A si truova in a, B si è già avanzata in b, se il martello si carica più forte contro B, questa accelera più il suo moto.

Tav. 3.  
Fig. 7.

199. Quan-

199. Quando le due palle si staccano una dall'altra, e cominciano a cadere liberamente, se non secondassero altro, che il proprio peso, essendo in tutto uguali, scenderebbero nel tempo stesso. Ma *b* precede, e a proporzione del colpo, che ha; dunque ha ricevuto il moto tutto del martello *D*; e perciò quantunque scenda liberamente per lo suo peso, ciò non ostante resiste alla maggiore velocità, che gli comunica il martello, perchè tutta la riceve, e perciò l'annientisce nel martello. Non potrebbe annientirla, se non resistesse.

200. Dimostrato ad evidenza, che la sola materia de' corpi per la indifferenza, che ha al moto, e alla quiete, resiste attualmente a qualunque mutazione dello stato suo; resta ora, che ne ricaviamo alcune utili conseguenze per la spiegazione de' fenomeni naturali.

201. E in primo luogo quando un corpo sta in quiete, non essendoci in esso alcuna determinazione, resisterà a proporzione della sua materia al grado di moto, che devo in esso introdurre, come sopra dimostrammo. Supponiamo ora, che il corpo abbia già ricevuto questo grado di moto; per mezzo della mia forza l'ho levato dalla indifferenza, che aveva alla quiete; onde il suo presente stato è di muoversi, che perpetuamente conserverà per la stessa sua inattività naturale, la quale è proporzionale alla massa. Perciò se dal moto vorrò di nuovo rimetterlo alla quiete; troverò, che la stessa massa mi farà una uguale resistenza, per conservare il presente suo stato di moto. Proverò ancora una uguale resistenza, se invece di ridurlo alla quiete, vorrò comunicargli un nuovo grado di moto uguale al primo già datogli, secondo la stessa direzione. Perchè resistendo attualmente il corpo a conservare per la sua inerzia lo stato presente d'un moto determinato, deve resistere al nuovo stato, a cui lo voglio far passare.

202. In secondo luogo, se qualche forza sarà comunicata a' corpi fin dal principio della creazione, perpetuamente questa conserveranno, resistendo a qualunque accrescimento o diminuzione di celerità, che voglia in essi introdursi. Perciò la forza di gravità, d'attrazione, e altre, che troviamo ne' corpi, saranno da essi conservate per la stessa forza d'inerzia. Questo finora abbiamo provato dimostrando nel §. 196., e seg., che i gravi resistono al loro acceleramento maggiore. Onde §. 175. 176. a torto alcuni Filosofi moderni dall'osservare queste forze attive nella materia, pretendono di

di distruggere la naturale inerzia di essa. Acciocchè naturalmente potessero accadere tutti i fenomeni sorprendenti, che continuamente vediamo nel Mondo, era necessario, che Iddio ponesse nella materia alcune forze attive, che dassero il primo moto a' corpi; ma queste non si conserverebbero, se in essi non ci fosse una forza passiva per ritenerle; e questa appunto è la inerzia di cui parliamo.

203. In terzo luogo questa forza d'inerzia è proporzionale alla materia, che contengono i corpi; come si deduce dalle osservazioni, e sperienze finora portate. Quindi se cresce in un corpo la materia; a proporzione si aumenterà la resistenza che fa. Onde se cresce la materia in infinito, la resistenza sarebbe infinita. Fingiamo ora, che un corpo sia tutto circondato da materia, oppure, che sia dentro un fluido sottilissimo, ma che riempia esattamente ogni minimo voo. Se si vuole muoverlo, dovrà superare una resistenza infinita.

204. In quarto luogo la stessa forza d'inerzia farà nello stesso corpo proporzionale alla forza ad esso comunicata. Perché § 201. il corpo resiste ad ogni nuovo grado di accelerazione, che gli si dà successivamente; dunque resisterà a proporzione del numero de' gradi, che vogliamo dargli, quantunque se gli comunicassimo in un istante. E di fatto altro è lo stato, in cui metto un corpo dando gli un grado di moto, altro quando glie ne comunico cento. Ma il corpo resiste ad ogni mutazione del proprio stato; dunque ad uno stato maggiore farà più resistenza, che ad un minore. Una goccia d'acqua, che pare di picciolissima resistenza, ciò non ostante posta tra due marmi, essendo impenetrabile, fa una resistenza infinita, se quelli con tanta forza sono compressi. Lo stesso ancora si dimostra dall'osservare, che la forza comunicata ad un corpo da un altro, la perde questo; ma non potrebbe perderla, se non trovasse una resistenza proporzionale; perchè non essendoci resistenza, la forza resterebbe per l'inerzia nel corpo che urta. Dunque la resistenza è proporzionale alla forza comunicata. Quindi si ricava, che la resistenza è il fondamento della comunicazione del moto ne' corpi.

205. Opporrà qualcuno, che se a un corpo infinitamente picciolo fosse comunicata una forza infinita, dovrebbe fare una resistenza infinita, locchè è assurdo. Questo appunto è quello, che deve provarsi, cioè che un infinitesimo non può fare un'infinita resistenza; quando noi vediamo, che una particella d'acqua compressa dà

## 88 SEZIONE TERZA DELLA RESISTENZA

da un'infinita forza, per la sua impenetrabilità resiste infinitamente. Ed ecco come dall'inerzia ha la sua origine l'impenetrabilità della materia.

206. Oltre la resistenza, che nasce dalla propria inerzia della materia, abbiamo molte altre cagioni, per le quali s'accresce questa resistenza; e 1. Una *forza impressa* al corpo; onde vediamo, che più resistenza ci fa una palla, che ne viene incontro con un moto determinato, che una quieta, se vogliamo spingerla. 2. Qualche forza inerente a' corpi, come la *Gravità*; perciò più resistenza ci fa una palla, che da alto sta per cadere, se vogliamo spingerla in alto, di quello, che una palla sopra un piano orizzontale posta. 3. La *Scabrosità* del piano, sopra cui si muove un corpo; onde una palla si muove più facilmente d'un dado sopra un piano scabroso, perchè toccando il globo in pochi punti il piano, meno scabrosità incontra, più facilmente ancora si muove una palla sopra un piano liscio, che sopra uno scabroso. 4. La *Coerenza* delle parti ne' corpi; e perciò più facilmente si supera la resistenza d'un legno nello spezzarlo, che d'un ferro; perchè le parti in quello stanno meno insieme attaccate, che in questo.

207. Ma qui ragionevolmente alcuno può dimandare, se la resistenza della massa forse non dipende dalla coesione delle parti de' corpi. A questo rispondo, che la coesione fa solamente, che il corpo non si disperda, o tutto unita resista all'impulso; quando io mi prefiggo di solamente muovere, e non dividere un corpo. Ma non produce quella resistenza, che dipende dalla massa, come vediamo ne' fluidi §. 193, dove la resistenza principalmente dipende dalla densità di essi.

## S E Z I O N E I V.

### *Della Mobilità, e del Moto.*

208. **O**gni corpo è atto a muoversi, e questa proprietà, che è inseparabile da esso, e primaria, nè può essere accresciuta, o diminuita, si chiama *Mobilità*. Non però da questo ne siegue, che necessariamente debba muoversi, o avere il *moto attuale*.

209. Sebbene ogni azione de' corpi si faccia per mezzo del moto; onde ben cominciò Aristotele il *Lib. 3. de Physico auditu. Cum autem ipsa*

*ipfa natura motus, quietis, mutationisque principium sit: et nostra autem doctrina sit de natura, non lateat nos oportet, quidnam sit motus. Nam si ignoscatur ipse, naturam etiam ignorari necesse est.* Pure ciò non ostante ci furono alcuni tra gli antichi, che o per bizarraria, o per troppo sofisticare con la mente negarono il moto. Tra questi connumera Plutarco *De Placitis Philosophorum lib. 1. cap. 19.* Parmenide, Melisso, e Zenone; come anche Sesto Empirico *Advers. Mathem. lib. 9. de Motu; Advers. Physica lib. 2.; Hypobolyposis Pyrrhoni. lib. 2. cap. 22.; e lib. 3. cap. 8.*, che aggiunge a que'di sopra Diodoro Crono sofista.

210. Diodoro Crono si serviva di questo argomento. Tutto ciò che si muove, o si muove nel luogo in cui è, o in quello in cui non è. Se il primo non esce da quel luogo, e perciò non si muove con moto locale; se il secondo, questo è impossibile; perchè dove il corpo non è, nè anche può operare. Dunque i corpi non si muovono. A questo argomento facile è il rispondere, che il corpo non si muove nel luogo, in cui è, nè in quello, in cui non è; ma da luogo a luogo; in questo appunto consiste la natura del moto; perciò comincia il moto nel luogo, in cui è il corpo, e termina dove non era. La natura di esso non esiste tutta in un tempo, essendo il moto una quantità successiva, e non continua come l'estensione, *prefazione §. 3.* Molto a proposito al dir di Sesto Empirico, il Medico Ermosilo convinse lo stesso Crono, che effendosi slogato una spalla ricorse ad esso, perchè gliel'accomodasse; rispose Ermosilo, che secondo lui era impossibile, che si fosse mosso. Ma a questo Diodoro Crono vinto dal dolore soggiunse, che lasciate le arguzie gli facesse il piacere di rimetterla nel suo luogo.

211. L'altro argomento chiamato Achilleo, per sciogliere il quale scrissero gli Scolastici interi trattati, l'esponeva Zenone in questo modo. Achille, che Omero lo descrive come velocissimo nel correre, sia lontano da una testuggine un miglio, ed abbia 100. volte più velocità di essa; Achille non raggiungerà mai la tartaruga; imperocchè quando Achille descrive un miglio la testuggine descriverà  $\frac{1}{100}$  di miglio; mentre il primo descrive questa, la seconda percorrerà una centesima di centesima, cioè  $\frac{1}{10000}$  di miglio; e andando con questa progressione nel terzo istante farà una milionesima; e negli altri istanti, sempre cento volte meno d'Achilla. Onde essendo l'estensione divisibile in infinito Prop. 3. §. 52. Achille non raggiungerà mai

la testuggine. Ma nel moto attuale de' corpi sempre osserviamo, che il più veloce arriva il meno veloce; dunque quello, che noi vediamo non è vero moto, perchè non corrisponde alla vera idea, che se ne deve avere; e perciò non si dà moto.

212. Per rispondere a questo argomento varie insufficienti dottrine inventarono le Scuole; la più rinomata è quella d'alcuni trattenimenti, detti da essi *morule*, che concepivano esserci nel moto della tartaruga, per mezzo delle quali finalmente Achille doveva raggiungerla. Ma chi non vede, che questi trattenimenti sono immaginarij, e quantunque servissero ne' corpi animati; in due inanimati, come due palle, che si inseguissero, non sarebbero d'alcun uso; perchè se la palla più tarda si ferma per un momento; dovrà perpetuamente quietarsi per la Sez. 3.

213. Questa difficoltà si scioglie facilmente colla dottrina degli infinitesimi, e delle serie §. 59., 92. Siccome lo spazio è divisibile in infinito: così ancora il tempo si può dividere in infinito; e siccome in quello una serie infinita decrescente è uguale ad una quantità finita: così anche in questo. Gli spazj descritti formano una serie decrescente di frazioni, ciascuna delle quali è cento volte maggiore della seconda; e per conseguenza ha la stessa proporzione, che il denominatore della prima 100., al suo numeratore 1. Ora per sommare una serie infinita di frazioni, che hanno tra loro questa ragione, la regola, che dà il Wolfio tom. 1. Matem. Parte 2. Sez. 5. Cap. 1. Probl. 147., è di partire 1. per lo denominatore del primo termine diminuito d'uno. Onde la somma di tutti quegli spazj sarà uguale ad 1. diviso per 100. meno uno, cioè per 99.; e perciò tutti gli spazj infiniti di numero descritti dalla testuggine saranno  $\frac{1}{99}$  di miglio. Laonde se Achille per camminare un miglio ci mette un quarto d'ora, e perciò per descrivere  $\frac{1}{99}$  di miglio,  $\frac{1}{99}$  d'un quarto; arriverà la tartaruga dopo un quarto, e  $\frac{1}{99}$  d'un quarto; non facendo questa più d' $\frac{1}{99}$  di miglio.

214. Lo stesso tempo, in questo, e simili casi si può determinare analiticamente, per que', che si dilettano di tali studj in questa maniera. Achille impiega un quarto, per descrivere un miglio; dunque la testuggine, che è 100. volte meno veloce, in un quarto farà  $\frac{1}{100}$  di miglio. Achille deve arrivare la testuggine §. 213.; il tempo, in cui l'arriverà si chiamerà *x*. Achille deve ancora muoversi; se dunque in un quarto descrive 1. miglio; in tempo *x*, per la regola del tre descriverà  $\frac{x}{4}$  miglia

gliu. 10. La testuggine ha descritto già un miglio, perchè tanto è lontana da Achille; se in un quarto fa  $\frac{1}{4}$  di miglio, in tempo  $x$ , lo spazio da essa descritto sarà  $\frac{x}{4}$ . Quanda Achille arriva la testuggine, amendue hanno descritto lo stesso spazio; e perciò quello d' Achille essendo  $x$ , della testuggine  $1 \frac{x}{4}$ ; avremo  $x = 1 \frac{x}{4}$ ; e moltiplicando per 100., sarà  $100. x = 100. \frac{x}{4} x$ ; onde  $99. x = 100. \frac{x}{4}$ ; ed  $x = \frac{100.}{99.} \frac{x}{4}$ . Lo che douea determinarsi.

215. Melisso Scolaro di Parmenide vedendo, che un corpo non si può muovere senza il voto, nè potendo concepire il voto, si pose a negare ancora l'esistenza del moto. Pietro Bayle all' Artic. Zenone; lettera I delle note, si diffonde riferendo la sentenza di Melisso a dimostrare l'insussistenza del voto. 1. Perchè non si può concepire un'estensione immobile, indivisibile, e infinita, quale è il voto §. 45. Ma a questo sufficientemente abbiamo provveduto nella Prop. 2. §. 41., e nel luogo ora citato. 2. Il vacuo sarebbe o Sostanza, o Modo. Se è modificazione, deve determinarsi la sostanza di cui è modificazione. Se è sostanza sarà creata, o increata. Non il primo, perchè potrebbe distruggersi, e ciò non ostante resterebbero i corpi; lo che è assurdo, non potendosi concepire allora, che un solo corpo, e questo situato nel niente; e perciò insieme coll'estensione dovrebbero distruggersi anche i corpi; onde quella non sarebbe sostanza, ma una cosa annessa al corpo. Non si può dire increata; perchè o sarebbe la stessa suprema essenza, lo che è assurdo; o qualche cosa separata, da questa; e ciò ancora è contraddittorio; perchè non si può trovare altro, che un Ente necessario, che è Iddio.

216. Alla seconda difficoltà francamente rispondo, che l'estensione pura è una vera sostanza; perchè è una reale capacità nella quale sono ricevuti, e si muovono continuamente i corpi. È stata creata da Dio prima di essi; ed era conveniente, che i corpi trovassero il luogo per situarsi, e specialmente per poter muoversi. Questo è ciò che sappiamo dell'estensione, oltre le altre proprietà negative esposte al §. 45., per altro, che sia questa sostanza non lo sappiamo §. 37. Quindi probabilmente la materia non è altro, che una sostanza estesa, a cui Iddio ha dato la forza di resistere. Se mi interrogano, se questa sostanza sia finita, o infinita, risponderò con uguale franchezza, che non lo so. Poteva Iddio crearla infinita; poteva anche probabilmente crearla finita. La nostra mente è

indubitato, che non può concepirla limitata §.45., ma se realmente si è tale ondò, chi mai lo determinerà; secondo la Regola data Pref. §.17. 217. Da quello che finora abbiamo esposto apparisce evidentemente, che si dà il moto in natura; e l'idea di esso la riceviamo per mezzo de' sensi. Perciò sarà *semplicissima*, come tutte l'altre idee sensibili. Quindi non essendo composta d'altre idee, non potremo definirla, perchè nella definizione si pongono tutte l'idee, delle quali una è composta.

218. Onde nasce, che tutte le pretese definizioni date da Filosofi del moto, o sono oscurissime, o vero semplici *descrizioni*, le quali con sinonimi vocaboli esprimono lo stesso. Della prima forte è quella d'Aristotele nel *lib. 3. de Physico auditu*, che volendo abbracciare tutte le mutazioni, le quali possono accadere ad un corpo, nella sostanza, nella quantità, nelle qualità, e nel luogo, definisce nel testo 6. il moto *actus ejus quod potentia existit, quatenus hujusmodi*. Un poco forse più chiaro si esprime nel testo 17. dello stesso libro dicendo, che il moto *est actus mobilis, quatenus mobile existit*. Potèva però Aristotele risparmiarsi la pena d'abbracciare tutte le specie di mutazioni; bastava che definisse il moto locale; perchè qualunque generazione, alterazione, o mutazione naturale si fa per mezzo di questo.

219. La più comune e semplice descrizione, che del moto si possa dare, è questa: *Il moto è un passaggio d'un corpo da luogo a luogo*. Questo è quello che continuamente vediamo per mezzo de' sensi, quando i corpi si muovono. Questa definizione ancora abbraccia tutte le specie di moto come in appresso si vedrà chiaramente.

220. Cartesio ne' principj della Filosofia Parte 2. §.256, dell'edizione Francese delle sue Opere fatta a Parigi in 13. volumi in dodici dall'anno 1724. fino al 1729. dice che il moto è il *trasporto d'una parte della materia, o d'un corpo dalla vicinanza di que', che immediatamente lo toccano, e si riguardano come in riposo alla vicinanza d'altri*. Poco diversa da questa è quella, che ne da Roault Parte 1. Cap. 10. §. 2. della sua Fisica ristampata in Venezia nel 1740.; dicendo; che il moto è *l'applicazione successiva d'un corpo a diverse parti di que', che immediatamente lo toccano*. Amendue queste descrizioni spiegano solamente il moto relativo, cioè il passaggio da un luogo relativo all'altro §.48., ma non già il moto assoluto; perciò non possono ammetterli; vero è, che tanto queste, quanto la comune

mune data di sopra sono tutte pure descrizioni. *Passaggio, trasporto, applicazione* sono lo stesso, che il moto attuale.

221. Pietro Silvano Regis nato nella Contea d' Agen nel 1632., nella sua Fisica, che sta col suo corso Filosofico stampato in tre tomi a Parigi nel 1691., si sforza nel *lib. 1. par. 2. cap. 1.* di sostenere come unica, e migliore di tutti la definizione di Cartesio. Tale farebbe non ammesso il voto, o lo spazio assoluto. Giovanni le Clerc nato a Ginevra nel 1657., nella sua Fisica, che abbraccia il terzo e quarto tomo delle sue Opere Filosofiche ristampate a Amsterdam più copiose nel 1722., al *lib. 5., cap. 5. par. 3.* oppone a torto contro la descrizione Cartesiana, che un danaro tenuto in mano non si moverebbe nel camminare un uomo; e non meno le acque, d' un fiume, che le rive, e il suo alveo camminerebbero posta tale descrizione. Imperocchè quanto al primo, la moneta non si muove essa, ma la mano in cui sta; onde il suo moto è comune, non già proprio. Ma il Cartesio questo non voleva, che fosse propriamente moto, e quindi pretendeva, che la terra siccome è trasportata dal suo vortice intorno al Sole, propriamente non si dovesse dire in moto. E per verità non ammessa l' idea dello spazio, non si può realmente chiamare moto. Onde il Cartesio nel §. 24. del luogo citato riflette bene su questo proposito, avendo già nel §. 16. antecedentemente asserito, che lo spazio è un puro niente; errò in questo, ma non nell' idea del moto. Quanto alla seconda difficoltà ottimamente la scioglie il Regis dicendo, che il moto è un' applicazione attiva, e non passiva d' un corpo; o pure secondo Cartesio è un' attuale trasporto del corpo. Perciò essendo l'acque quelle, che si trasportano, e s' applicano successivamente alle rive con una vera azione; non già le rive ad esse; si deve dire, che l'acque, e non le rive si muovono.

222. Se in qualunque corpo si distrugge il moto, che ha, immediatamente si riduce alla quiete; onde non sarà altro la *Quiete*, che una privazione di moto, e perciò non può dirsi cosa reale ne' corpi. Da questa opinione si è slontanato il Regis *lib. 1. della Fisica part. 2. cap. 5.*, dove asserisce, che non meno si può dire la quiete privazione del moto, che questa privazione della quiete; e perciò la quiete sarà qualche cosa di reale ne' corpi.

223. Quest' idea della quiete è insostenibile; perchè la quiete non è altro, che la durata d' un corpo nel luogo stesso, o lo stare un corpo nella stessa parte di spazio; o pure con Roault Parte prima della

la

## 94 SEZIONE IV. DELLA MÒB, E DEL MOTO.

la Fisica cap. 10. §. 2. una *continua applicazione d'un corpo a diverse parti di quelli, che gli sono d'intorno.* Ora quando un corpo sta in un luogo non può starci più, o meno; e perciò la quiete è una mera privazione di moto.

224. Non bisogna in questo luogo confondere la quiete, cioè il non muoversi, colla forza d'inerzia, che è quella per mezzo della quale un corpo si sforza di conservare il proprio stato, sia di quiete, o di moto, che egli abbia. Fingete, che un uomo stia a sedere, e si sforzi di così mantenersi; un altro stia a sedere, ma però sia indifferente anche a camminare. Tutti e due stanno ugualmente quieti; ma non però fanno uguale sforzo per starci; il primo ne fa più del secondo; ma amendue stanno quieti ugualmente, cioè non si muovono. Così un grano di sabbia, una palla, un grosso sasso, una montagna stanno ugualmente quieti, cioè non si muovono; ma se vorrete trasportarli, maggiore resistenza sentirete nell'ultimo, che negli antecedenti.

225. Il confondere la quiete collo sforzo di conservarla, ha fatto credere, che il Cartesio l'abbia presa come una cosa reale. Dice certamente nella *part. 2.* al §. 26., che si ricerca uguale forza per muovere un corpo, che per fermarlo; ma questo non proverebbe altro, se non che egli ha riconosciuta prima de' Newtoniani la forza d'inerzia, già da noi dimostrata nell'antecedente Sezione. Nel §. 36. afferma è vero, che Iddio abbia creato una determinata quantità di moto, e di quiete nella materia, e che la conservi; ma da ciò non vedo come si ricavi, che abbia preso la quiete separatamente dal corpo per cosa reale, e positiva. Con questo ha solamente preteso dire, che Iddio ad un determinato numero di parti ha dato il moto attuale, e un altro numero determinato lo ha lasciato senza alcun moto. Ecco la determinata quiete, che c'è nella materia. In fatti nel dimostrare il suo assunto fa menzione solamente del moto, come d'una modificazione reale. Pretendono in oltre di ricavare questa loro imaginata sentenza dalla spiegazione, che fa il Cartesio della durezza nel §. 54. *Le parti de' corpi duri talmente sono l'une all'altre accostate, che non si possono separare senza una forza, la quale sia bastante a rompere questo congiungimento.* Dal che ricavano, che spieghi la durezza per la sola quiete delle parti. Ma siccome abbiamo detto di sopra, che oltre la quiete riconosce uno sforzo nelle parti, che devono esser mosse; così Cartesio ripone la durezza nella forza

za

za d'inerzia, e non nella quiete. Perciò nè il Cartesio, nè Claudio Perrault nato a Parigi l'anno 1613., ne' suoi Saggi di Fisica stampati a Parigi in quattro tomi nel 1680., e 1688. sono stati mai di parere, che la quiete fosse da per se stessa qualche cosa di reale.

C A P O I.

*Della Natura, e Causa del Moto.*

226. **Q**Uella scienza, che parla del moto si chiama *Meccanica*. Gli antichi sotto nome di Meccanica intendevano quella scienza, che insegnava l'arte di misurare le tre dimensioni de' corpi, e di muoverli. In due parti la dividevano. La prima detta *razionale* era trattata da loro dimostrativamente. La seconda con meno accuratezza; perciò a questa riducevano tutte le arti manuali. Questa distribuzione della Meccanica fatta da Erone al riferire di Pappo Alessandrino nella Prefazione al libro ottavo delle raccolte Matematiche stampate a Pesaro nel 1602. dal celebre Commandini d'Urbino, col progresso del tempo ricevette nomi diversi; e la parte razionale fu detta Geometria, la Pratica Meccanica. Ma come osserva il Newton nella Prefazione de' suoi Principj Matematici della Filosofia ristampati in quattro tomi a Ginevra nel 1739. e seguenti anni, co' perpetui, e dotti Comenti de' Reverendi Padri dell'Ordine de' Minimi Tomaso le Seur, e Francesco Jacquier; la poca accuratezza; e gli errori, che si commettono non sono dell'arte, ma degli artefici; così per questa sola ragione non potea mutarsi il nome alla prima parte della Meccanica. Di fatto la Geometria istessa è fondata nella pratica Meccanica. Cerca il Geometra, che da un punto ad un altro si possa tirare una linea, e dato un intervallo descrivere un cerchio; e ciò non insegna a farlo, ma lo suppone dalla Meccanica. Ma siccome per lo più le arti manuali insegnano a muovere i corpi; quindi è nato, che la Geometria ha avuto principalmente per oggetto la misura di tutte le grandezze; e la Meccanica è stata destinata a trattare del moto de' corpi.

227. Gli antichi nella Meccanica trattavano solamente dell'Equilibrio de' moti varj, che osserviamo; onde in essa spiegavano solo i cinque stromenti manuali dette Potenze Meccaniche, delle quali si parlerà a suo luogo. Noi dopo la scorta di Galileo intendiamo per

*Mec-*

*Meccanica, l'intera Scienza del Moto* tanto necessaria per la spiegazione degli effetti naturali. Quindi è nato, che *Filosofi Meccanici* sono stati chiamati tutti quelli, i quali hanno spiegato i fenomeni naturali per mezzo delle leggi del moto.

228. Dopo aver trattato in questo capo della Natura, e Causa del Moto passeremo a spiegare le *diverse leggi*, che conservano i corpi nel muoversi; quindi le *diverse specie di moto*, e finalmente le *forze motrici*, che si trovano attualmente ne' corpi. Questo potrà servire per una generale introduzione all'intera scienza del moto. Gli altri capi saranno destinati alle varie parti della Meccanica, che senza questa generale introduzione non possono concepirsi. Tali parti sono la *Statica*, che tratta dell'equilibrio de' solidi, e delle macchine per muoverli. L'*Idrostatica*, che parla dell'equilibrio de' fluidi, e l'*Idraulica* delle macchine per trasportarli, e innalzarli. Il *moto de' pendoli*. La *Balistica*, ovvero il moto de' progetti. La *Dinamica*, che determina ciò che deve accadere nell'urto de' corpi; ed ultimo di tutti sarà il trattato delle *forze centrali*.

229. Intorno alla natura del moto credettero comunemente le Scuole, che fosse una qualità sensibile; e siccome queste le riputavano mezze entità reali, della stessa maniera concepivano anche il moto. Ma siccome non hanno mai determinato, che cosa fossero queste mezze entità; così noi non siamo obbligati di discorrerne d'avantaggio, la stessa loro descrizione facendole abbastanza vedere chimeriche, e legittimo parto dell'idee astratte.

230. Cartesio nella *part. 2. de' principj art. 27.* concepisce il moto come una modificazione del corpo; o un diverso modo, che ha in tutto il tempo, che muta luogo. Dello stesso sentimento è Roault nella *part. 1. della Fisica cap. 10. §. 6.*, aggiungendo, che il moto è nel corpo quello stesso, che la figura. Questo sentimento è stato abbracciato da tutt'i moderni Filosofi, i quali non riconoscono nella natura delle cose altro che *so stanze*, cioè *esseri*, che da per se stessi sono, e *modificazioni* de' medesimi. Di questa natura appunto troviamo essere il moto, che non può concepirsi senza il corpo, che si muove, anzi è lo stesso corpo mosso.

231. Quantunque Cartesio chiaramente si fosse espresso in questa parte; ciò non ostante avendo detto nella *par. 2. art. 36.*, che Iddio sul principio ha creato una determinata quantità di moto, viene accremento ripreso dal Signor Gamaches Canonico Regolare di San-

ta Croce nella Dissertazione I. dell' Astronomia Fisica stampata a Parigi nel 1740. Cartesio, dice quest'autore, supponendo, che una determinata quantità di moto, e di quiete abbia Dio creato ne' corpi, fa il moto non più modificazione, ma qualche cosa di assoluto, e reale separato dal corpo, e perciò torna ad introdurre le qualità Peripatetiche, felicemente escluse dalla Fisica. Ma per vero dire non ha ragione di condannare in questo il Cartesio. Non tutt'i corpi in natura sono rotondi; o quadrati ec., ma vi è una determinata quantità di figure rotonde, e quadrate; e pure con questa espressione non si dice, che la figura sia qualche cosa di assoluto, ma una semplice modificazione de' corpi; lo stesso si deve applicare al moto.

232. Vediamo s'egli sia più felice nello spiegarlo. Dice quest'autore, che il moto è un effetto della Divina volontà ne' corpi, per mezzo del quale non si fa altro, quando un corpo s'accosta, o si slontana da un altro, che mutare la relazione della distanza, che prima v'era tra corpi. Così pretende di concepire il moto come una semplice relazione, perchè non casca realmente ne' corpi, ma nella loro distanza. Non si è avveduto però, che esso come Cartesiano non ammettendo alcuno spazio vuoto, deve perciò concepire la distanza come corpo; onde il moto cadendo in questa, si riceverà per conseguenza in un corpo.

233. Quantunque il moto sia una modificazione de' corpi, ciò non ostante ha molte proprietà non comuni alle medesime, le quali rendono perfettamente oscura la natura, che ha. Noi esporremo tutto ciò, che in esso si osserva. Primo, il moto senza il corpo non si può concepire; onde per questa parte è una vera modificazione. Secondo, il moto si accresce, e si diminuisce, perciò è quantità; nè da questo si può dedurre, che sia qualche cosa di realmente separato dal corpo, perchè anche tutte le altre qualità possono essere accresciute, e diminuite. Terzo, quando un corpo urta un altro, porzione di questo moto passa in quello, perchè quantunque separato da esso seguita a muoversi. S'introduce nella sostanza del corpo non passando per gli pori, ma per le parti solide, perchè la comunicazione del moto si fa con l'urto delle parti solide. Questo appunto è ciò che noi diciamo inesplicabile. Quarto, se due corpi molli si vengono incontro con moto uguale, dopo l'urto si fermano; e perciò in amendue si distrugge il moto: se sono elastici si riflettono col lo stesso moto. Dove va il moto, che perisce, e come fa a distruggerfi;

gerfi; è molto difficile il concepirlo. Questa comunicazione si fa per mezzo del contatto, ma questo non è causa del passaggio, che fa il moto, perchè se due corpi si toccano, non per questo si comunicano moto; è necessario, che uno di questi prima si movesse. Quinto la comunicazione del moto non si può dire come Cronlando, che sia un'idea la quale passa per mezzo dell'anima ne'corpi. Imperocchè il moto, che produce il Sole, le parti terrestri, che fermentano, la gravità, e la forza elastica de'corpi certamente non dipende da sostanza spirituale. Sesto non bene asseriscono alcuni, che il moto realmente non passi da un corpo ad un altro, ma solamente che sia eccitato dal corpo, che si muove, l'attuale moto in un altro, e a misura di questo eccitamento perda il corpo, che si muove, porzione della sua forza reale. Pretendono questi tali, che nell'urto di due corpi l'aria interna, ed esterna, che sta in un moto continuo perda il suo equilibrio, dal che nasca un nuovo moto in essa, e perciò tanto di moto perda il corpo che urta, quanto n'acquista l'urtato. Ma questo perdimento d'equilibrio nell'aria non si può fare senza nuova introduzione, o perdita di moto, che essa faccia, e perciò il moto sempre deve comunicarsi a'corpi. Settimo quantunque il moto sia una modificazione, ciò non ostante i suoi effetti sono diversi da quelli delle altre modificazioni. Per esempio la figura rotonda d'un corpo non passa in un altro, se non che poste alcune condizioni, cioè che il corpo urtato sia molle, e quello che urta si muova; e poste anche queste il corpo urtato riceve la figura concava non la convessa di quello, che urta. All'incontro il moto si trasfonde subito che un corpo urta l'altro.

234. Gli esposti dubbj, che giudico insolubili affatto, sono il motivo, per cui niente possiamo determinare intorno la natura del moto; ma se in tanta oscurità può aver luogo la congettura, esporrò un Sistema il più tollerabile. Sentiamo in noi la forza di muover il nostro corpo, e per mezzo d'esso ancora gli altri. Questa forza viene determinata, ma non invincibilmente dalle impressioni sensibili, e invincibilmente dalla nostra volontà. In alcuni cali però osserviamo, che questa potenza dalle cause esteriori, è violentata a determinarsi, come accade ne' frenetici, e pazzi. In questi ancora c'interviene la volontà, ma non liberamente; allora la mente vuole, perchè il corpo è mosso; nel primo caso si muove il corpo, perchè la mente vuole. Ora è molto probabile, che questa Potenza di muovere i corpi da

Dio

Dio comunicata all'umana mente, l'abbia data ancora agli altri animali, non già *libera* come all'uomo, ma *neceffitata* a determinarli dalle imprefioni fenfibili. In queff'ipoteffì adunque fi trova negli animali una potenza di muovere i corpi; ma lo fteffo non fi può dire de' corpi vegetanti, e inerti, come fonole piante, i falfi, l'acque, l'aria, il fuoco ec. In queffì, come dimoftrammo nella Sezione terza, non troviamo alcuna *potenza attiva*, ma *la paffiva*, cioè una forza di refiftere a qualunque mutazione. Perciò offervando, che queffì fi muovono, dobbiamo conchiudere, che Iddio loro abbia dato il moto attuale; ma ficcome queffo non fappiamo concepire, che fia, così non lo diftingueremo dalla *confervazione* delle cofe. La *creazione* del Mondo è un atto della volontà Divina, col quale cavò dal nulla ciò, che vediamo. Queff'atto continuando, fequitano tutte le cofe ad efiftere, quindi meritamente alcuni differo, che la *Confervazione* delle fofanze è una creazione continuata. Volle però Iddio da principio non folamente, che foftero creati i corpi, ma ancora produceffero varj effetti, ed ecco la neceffità di non confervarli fempre nel luogo fteffo, dal che nafce il paffaggio da un luogo ad un altro, ovvero il *moto*. Se dunque il primo Motore conferva un corpo nella fteffa parte di fpazio, fta *quieta*; fe in diverse, fi *muove*, fe in niuna, fi *annichila*. Onde il muoverfi non è cofa diftinta dalla confervazione.

235. Perciò la *prima cagione* del moto è Iddio fteffo, che nel confervare i corpi li modifica diversamente, fecondo che fi ricerca per produrre tutti gli effetti naturali, e a mifura delle condizioni, colle quali gli è piaciuto di creare la materia de' corpi.

236. Cerca in tal'occasione Cartefio *part. 2. de' Principj* §. 36. fe fi confervi nel Mondo la fteffa quantità di moto, che Iddio prima credè. Pretende egli di sì; perchè effendo Iddio immutabile, ficcome conferva coftantemente la fteffa quantità di materia, così ancora deve mantenere lo fteffo moto. E di fatto nell'urto de' corpi quanto moto perde quello che urta, tanto ne acquifia l'urtato. Dello fteffo sentimento è Roault *part. 1. della Fifica cap. 10. §. 13.* La ragione però di Cartefio fuppone, che il primo motore fiafi preffo di dover confervare perpetuamente lo fteffo moto; in queffo folo cafo farebbe mutabile, fe operaffe diversamente. Ma fe ha ftabilito il contrario, allora non fi potrà chiamare mutabile, ficcome non lo è, quantunque la figura, il colore, il fapore, e le altre qualità de' corpi continua-

## 100 CAPO I. DELLA NATURA,

mente si variino, come dottamente osserva Wolferdo Senguerdo nella Filosofia Naturale Atomistica stampata a Leiden nel 1681. alla *par. 1. c. 5. §. 20.* Che di fatto la cosa sia diversamente, è manifesto dall'osservare le due forze da Dio poste in natura, l'*attiva*, cioè il moto; e la *passiva*, o la resistenza; questa indica non aver Iddio voluto, che si conservasse sempre in natura lo stesso moto. Inoltre parlando dell'urto de' corpi, vedremo, che in più occasioni attualmente perisce il moto. Se due palle di creta molle ugualmente pesanti si vengono incontro colla stessa velocità, nel punto dell'urto si fermano. Se hanno tanto di forza elastica, quanto basta per far risorgere la metà del moto, e ribalzare, ne perdono la metà. Ma di ciò diffusamente nella Dinamica.

237. Leibniz negli atti di Lipsia del 1686. fa vedere, che bisogna distinguere tra la quantità del moto, e la forza motrice, e pretende, che la prima si muti, non già però la seconda. Perchè come osserva nella lettera a Remond *tom. 2. Du Recueil pag. 135.* e Gotlieb Anschio nel Teorema 123. le monadi, e la loro forza motrice non possono essere distrutte, che per annichilazione. Queste però sono ipotesi, che non hanno alcun fondamento reale.

238. Gli Epicurei che supposero la materia non essere stata creata, ma che gli atomi da tutta l'eternità siano stati, concepiscono, che questi perpetuamente si siano mossi nell'immenso, e infinito spazio. Una lunga descrizione del loro moto, e formazione del Mondo fa Lucrezio nel *lib. 2. De rerum Natura.*

*Nunc age, quo motu genitalis materiai  
Corpora, res varias gignant, genitasque resolvant,  
Et qua vi facere id cogantur, quæve sit ollis  
Reddita mobilitas, magnum per inane meandi.*

Non portavano però essi di quest'eternità del moto, e della materia altro argomento, che l'impossibilità della creazione del Mondo. Per altro si accorgevano ancor essi d'essere obbligati ad ammettere gli atomi, e il moto eterni, e questi immutabili, acciocchè non si riducesero in niente. Ora molto più ragionevole è l'ammettere, che questa sostanza immutabile, ed eterna avendo due principali infiniti attributi, non sia la materia, e il moto, che sono composti imperfetti, ma una sostanza semplicissima, dotata d'un'infinita intelligenza, che è Dio.

239. Abbiamo per lo contrario ragioni, per le quali manifestamente

mente si pruova, che il moto non è stato eterno, nè è essenziale alla materia. 1. Se ciò fosse, quando si concepisce un corpo in quiete, non sarebbe più corpo, perchè privato d'una proprietà, cioè del moto, senza il quale non può stare. Lo che è contro la comune esperienza, e contro ciò che abbiam dimostrato dell'inerzia, che si trova ne' corpi. 2. Questa proposizione, *il moto è essenziale alla materia*, distrugge se stessa. Imperocchè non basta, che un corpo si muova, ma si ricerca in oltre, che cammini per qualche direzione. Sia dunque un corpo quieto, le direzioni, per le quali può andare d'ogni intorno, sono infinite. Ora se il moto fosse d'essenza della materia, o che dovrebbe questa muoversi per qualche direzione particolare, e in questo caso non si potrà mai provare, che una direzione più tosto che un'altra le sia necessaria, anzi tutte le saranno ugualmente essenziali. O che la materia si muove per tutte le direzioni, e in questo caso il corpo starà in una perfettissima quiete; perchè è impossibile, che nel tempo stesso si muova, e si ritrovi in tutt'i luoghi possibili. Dunque il moto non è essenziale alla materia, e questa proposizione è distruttiva di se stessa. Ben prevvide ciò Lucrezio, il quale disse, che tutti gli atomi si muovono in questo immenso spazio col proprio peso, cioè verso la parte inferiore; e perchè potessero col loro accozzamento produrre le cose, fece, che non scendessero per linee parallele, ma un poco inclinate; benchè di questo peso, e di tale declinazione, che si trova negli atomi, non renda alcuna ragione. Così s'esprime nel lib. 2.

*Illud in his quoque se rebus cognoscere avemus:*

*Corpora cum deorsum rectum per inane feruntur,*

*Ponderibus propriis incerto tempore firmæ,*

*Incertisque locis spatio decedere paullum:*

*Tantum, quod nomen mutatum dicere possis.*

*Quod nisi declinare solerent, omnia deorsum,*

*Imbris uti gutta caderent per inane profundum:*

*Nec foret offensus natus, nec plaga creata*

*Principiis: ita nil unquam natura creasset.*

240. Lo stesso si deve dire, se in vece del moto, si concepisca nella materia uno sforzo uguale a muoversi da per tutto; allora starà in una quiete perfetta, equilibrandosi tra loro questi uguali sforzi; come accade nell'acqua posta in un vaso.

241. Quindi si scuopre il manifesto errore di Tommaso Obbes, che

che nelle sue Opere Filosofiche stampate in due tomi in Amsterdam nel 1668., alla par. 1. c. 26. della Fisica, per dimostrare l'eternità del moto, si serve di questo argomento. Tutto ciò che si muove, si muove per mezzo d'una sostanza, che è in moto; dunque il moto è eterno. Agevole è la risposta, che ciò, che si muove, o viene spinto da una sostanza, che attualmente si muove, o da una sostanza, che ha la potenza libera di muovere i corpi per qualunque direzione, come le piace, e quando le piace. Questa potenza libera è totalmente diversa dall'attuale sforzo, che si potrebbe concepire, come poco fa dicevamo nella materia, perchè questo sforzo è una vera, e reale quiete, essendo sforzo necessario, non libero per tutte le direzioni.

242. Dopo avere osservato quale debba essere la *prima cagione* del moto, si può cercare quale sia la *seconda, o immediata*, dalla quale dipendono immediatamente tutti i movimenti de' corpi naturali. Contemplando gli effetti, che abbiamo quotidianamente sotto degli occhi, ci portano questi invincibilmente a giudicare, che ci sia una molla, la quale animi questa macchina del Mondo, o sia la primaria origine de' moti corporei.

243. Renato Cartesio, Principj Parte terza §. 49., e seguenti, e con esso Roault, Fisica Parte Prima in tutto il Capo 21.; e Malebranche Tomo 4. Ricerca della verità dopo il rischiaramento 16., a carte 464. ediz. di Parigi 1736., giudicano, che tutti gli spazj lasciati voti da' corpi siano occupati dall'aria grossa; e quelli, che tale aria non può riempire, siano posseduti da un' *aria sottilissima*, chiamata da essi *Etere*, le di cui parti essendo attualmente separate in infinito, siano in un continuo moto, e agitazione. Questa è per gli Cartesiani la prima cagione movente, che anima l'Universo creato.

244. Portarono la stessa opinione molti degli Antichi Filosofi, tra i quali gli Egiziani al riferire di Diodoro Siciliano ammettevano per Elementi lo *spirito*, il *fuoco*, il *secco*, l'*umido*, e l'*aria*. Aristotele nel tomo 1. *De Celo lib. 1. c. 3. Æther primum corpus diversum a terra, igne, aere, atque aqua*. Platone nel Timeo *Aeris limpidissima pars, qua Æther dicitur, species ignis est.*

245. Ma sebbene i Cartesiani per mezzo del loro Etere, come ne' luoghi opportuni vedremo, spieghino la maggior parte de' fenomeni naturali; ciò non ostante non portano mai alcuna speranza certa, colla quale dimostrino la sua esistenza. Non ha dubbio, che

al

al comparire del Sole muta faccia la terra, e di torpida, che era la notte, nel giorno si ravviva; dal che si potrebbe ricavare, che la luce del Sole, è la principale immediata cagione di tutt'i movimenti. Ma bisogna dall'altra parte esaminare, se questo lume abbia le stesse proprietà, che decantano i Cartesiani della materia sottile. Noi per mezzo d'accuratissime osservazioni vedremo, che le sue proprietà sono molto diverse da quelle dell'Etere.

246. Non dimostrando adunque i Cartesiani con alcuna immediata osservazione l'esistenza di questa materia, e dall'altra parte secondo che dimostrammo §. 65., ripugnando una materia attualmente divisa in parti infinite, quale dopo il Malebranche suppongono l'etere tutt'i seguaci di Cartesio; resta che lo mettiamo nel numero delle cause possibili, e ipotetiche; non già tra le reali, e vere. S'aggiungerà peso a questo, quando nella spiegazione de' fenomeni particolari dimostreremo inoltre l'insufficienza dell'Etere, per rendere ragione di essi.

247. Newton co'suoi seguaci avendo prima dimostrato, che i corpi maggiori del Mondo gravitano uno verso dell'altro; e ne' fenomeni della terra, che tutte le parti della materia vicendevolmente si attraggono; stabilita un' *Attrazione universale* tra le parti tutte della materia, dalla quale nasce quella de' corpi maggiori, ha giudicato, che questa sia la principale sorgente de' fenomeni naturali. Vedendo inoltre, che di questa non si può dare una competente spiegazione; stimò più a proposito giudicandola Legge universale, e Proprietà non meccanica, per mezzo d'essa spiegare i principali movimenti de' corpi celesti, e gli effetti, che in que' della terra vediamo. Così felicemente riuscì in questo, che pare oramai non ci sia più, che cosa desiderare. Cid apparirà evidentemente quando parleremo verso il fine dell'introduzione meccanica, delle forze attuali; che troviamo in natura, e nello spiegare i fenomeni.

248. La terza dimanda, che sogliono fare i Filosofi intorno alla cagione del moto; *quale sia la causa del moto continuato*. Getto una palla sopra un piano, finchè questa è nella mia mano si muove per la stessa cagione, che il mio corpo è mosso dalla mente; cioè per la facoltà da Dio ad essa comunicata di muovere i corpi in una maniera determinata; la quale Potenza essendo spirituale, non entra perciò nel numero de' *Fenomeni naturali*; onde il Fifico non è tenuto a renderne ragione. Ma dopo che la palla è dalla mano divisa;

cer-

cercano i Filosofi, perchè seguiti ancora a muoversi; ecco che cosa intendono per causa del moto continuato.

249. Gli Aristotelici col loro Maestro giudicano, che la causa della continuazione del moto ne' corpi sia l'aria da essi divisa nel muoversi, la quale di nuovo chiudendosi dietro il corpo, o per l'orrore del voto, o per lo moto impresso già dal corpo, come vogliono altri Scolastici, mantiene la prima spinta, o il primo moto, che ha ricevuto da questo. L'aria dunque è quella, che nella sua corrente acquistata dal primo muoversi del corpo, porta lo stesso, come l'acque d'un fiume, qualche legno in esse gettato.

250. Questa opinione però non è vera; perchè. 1. Se l'aria fosse cagione del moto continuato ne' corpi nel primo momento, lo farebbe sempre; e perciò un corpo perpetuamente si moverebbe quando è gittato nell'aria. 2. Dove l'aria è più rarefatta, o appena s'è il moto, meno durerebbe, o subito cesserebbe; ma le sperienze dimostrano tutto il contrario, che dove l'aria è meno densa, quivi più dura il moto de' corpi &c. §. 195. dunque l'aria più tosto è cagione del ritardamento. 3. Le piume, che si pongono dietro i dardi, quando questi si scagliano, si slargherebbero nel mentre, che si movono nell'aria; ma la sperienza fa vedere, che si stringono intorno al legno della saetta, e non si dilatano; dunque non solo l'aria non spinge da dietro, ma più tosto resiste davanti. Lo stesso accaderà a una palla cinta d'ogni intorno di sottili fili pendenti, se in aria si getta, que'da dietro si stendono, e stanno uniti, que'davanti si calcano contro la superficie della medesima. Molte altre cose osserva accuratamente secondo il suo costume intorno a questa opinione Alfonso Borelli nel suo Tratto *De Vi percussionis* ristampato a Leiden nel 1686. in tutto il capo terzo.

251. Guglielmo de Stair nella sua Fisiologia nuova, esploraz. 3. Sez. 9. avendo adottato un sistema di mezzo tra quello di Cartesio, e di Gassendo, giudica, che l'elaterio dell'aria sia la cagione del moto continuato. Che l'aria sia elastica lo dimostreremo parlando d'essa; per mezzo di questa forza, l'aria si distende in tutti que' luoghi, che trova voti. Ora quando il corpo lascia il suo primo luogo; l'aria subentrandovi immediatamente col suo elaterio, torna a comunicargli lo stesso moto, che aveva poco prima ricevuto da esso; ed ecco in qual maniera continua a muoversi.

252. Oltre le ragioni di sopra addotte, che militano ancora contro

ero questa spiegazione; soggiungo di più, che questa forza elastica tanto respinge il corpo indietro, quando questo s'avanza, quanto lo spinge avanti, quando l'aria occupa il luogo da esso lasciato; e perciò la sua azione elastica rispetto alla continuazione del moto è nulla.

253. Lascio d' esporre l'opinione di Democrito, e di Epicuro, che giudicarono continuare un corpo nel suo moto per gli effluj, i quali usciti dalla mano, lo seguitavano a spingere; essendo questa una manifesta petizione di principio.

254. Cartesio nella *part. 2. de' principj art. 37.* stabilisce, che Iddio ha posto una legge ne' corpi, per mezzo della quale conservano il loro stato di moto, o di quiete, se non vengono disturbati da qualche causa esteriore. Questa legge si ricava dalla sperienza; e dimostrato che abbia luogo nella natura, all' *art. 38.* conchiude, che la cagione del moto continuato, non è altra, se non che la stessa prima causa, che ha mosso il corpo da principio, in vigore della legge già di sopra stabilita.

255. Dello stesso sentimento è il Borelli nel luogo citato al *cap. 4.* osserviamo, dice esso, colla sperienza, che i corpi dopo urtati, o spinti si muovono da per se; ma questa continuazione di moto non può nascere dal fluido ambiente, come ho dimostrato nel *cap. 3.* del luogo già detto; dunque deve nascere dalla forza stessa comunicata. Nello stesso capo paragona il moto impresso a' corpi inerti, con la forza movente, che hanno i corpi animati, come gli uomini sulla terra, i pesci nell'acqua, e gli uccelli nell'aria, e trova, che gli effetti prodotti dalla potenza motrice in questi, e dal moto in quelli sono gli stessi. I corpi animati ad ogni loro voglia mutano la direzione del loro moto; a gl' inerti si può far loro mutare disponendoli in una maniera diversa; come alla nave piegando il timone, se la fa mutare il corso. Ma i corpi animati qualunque direzione prendano, seguitano questa per la forza motrice naturale, che hanno; dunque anche gl' inerti per la stessa forza impressa devono seguitare il loro moto; e perciò realmente hanno in essi tal forza. Se continuassero a muoversi per cagione dell'aria, non seguirebbero prontamente la nuova direzione, che loro si dà.

256. Newton co' suoi seguaci asseriscono anch'essi, che la causa della continuazione del moto in un corpo è la stessa forza, che ad esso s'imprime. Ma entrando ad esaminare, come questo moto re-

## 106. CAPO I. DELLA NAT., E CAUSA DEL MOTO.

sti dentro il corpo, dicono, che la forza d'inerzia è quella, che lo trattiene; e questa essendo proporzionale alla massa, se questa sarà maggiore in un corpo anche il moto con maggior forza sarà in esso trattenuto. Avendo già dimostrato nella Sezione terza, che ne' corpi realmente si dà questa resistenza, ne viene in conseguenza, che questa deve essere la vera cagione per la quale il moto si conserva ne' corpi, se da qualche causa esteriore non viene loro tolto, o modificato. Onde non hanno bene intrapresa i Filosofi questa questione. Non doveano cercare per qual ragione *un corpo conservi il moto impresso*; siccome da alcuno non si cerca, perchè un corpo conservi la figura rotonda, cubica, o piramidale, che gli abbiamo data. Doveano più tosto cercare la causa, per la quale un corpo, a cui ho impresso una volta il moto, dopo qualche tempo lo perde, o lo muta in un altro.

157. Da ciò ne siegue, che dando ad un corpo qualunque velocità, non potrà mai perderla, ma dovrà muoversi in infinito; se non incontra qualche resistenza, che gli diminuisca il moto, o l'estingua.

## C A P O I I.

### *Leggi del Moto.*

158. **P**ER *Leggi del Moto* s'intendono quelle regole ricavate dalla natura dato da Dio alla materia, per mezzo delle quali si muovono i corpi. Sono state chiamate ancora *Leggi della Natura*, intendendo per natura la vasta macchina di questo Mondo, composta d'infinito altre minori, tutte tra di loro proporzionate. E' necessario in questo luogo distinguere le *Leggi della Creazione*, dalle *Leggi della Conservazione*. Le prime sono quelle, che adoperò Iddio nel creare, e dotare di proprietà diverse i vasti corpi dell'universo, e i minori, de' quali questi sono composti. Tali leggi sono totalmente a noi incognite, non potendo la nostra mente finita penetrare nelle vaste idee del Creatore; quindi è che per mezzo delle leggi del moto a noi note, non possiamo rendere ragione della disposizione de' corpi celesti, e terrestri, del loro numero e proprietà, e degli effetti, che producono. Chi mai rese ragione dell'Estensione, della Resistenza, e del Moto, che hanno i corpi; perciò queste *Proprietà*

ed si chiamano *immechaniche*. Chi potrà definire, perchè gli Animali, le Piante, e i Corpi inerti abbiamo una figura determinata. Diverse però dalle Leggi di Creazione, sono quelle della *Conservazione*, per mezzo delle quali ha voluto il supremo Motore, che si regolassero i movimenti, e i fenomeni delle cose create. Queste appunto sono le Leggi della Natura, e del Moto, che ora esporremo, secondo il metodo Newtoniano.

LEGGE PRIMA.

259. **O**gni corpo dura nel proprio stato di quiete, o di moto per una direzione, se da qualche forza impressa non è obbligato a mutare lo stato proprio.

LEGGE SECONDA.

260. **O**gni mutazione di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e si fa sempre secondo la direzione, con la quale questa opera.

LEGGE TERZA.

261. **A**D ogni azione corporea vi è sempre una reazione ad essa uguale; ovvero le azioni di due corpi sono sempre uguali, e dirette in parti contrarie.

262. Nella Sezione terza abbiamo dimostrato la forza d'inerzia; in questa sono fondate le tre leggi, colle quali si regolano i moti de' corpi. Essendo ogni parte di materia di natura propria inerte, non potrà da per se stessa darci alcuna determinazione; dunque ogni corpo persevererà nel suo stato ec. Che è la legge prima. Non potendo i corpi mutare il loro stato, o la direzione, che hanno avuta, ne viene in conseguenza, che qualunque mutazione loro accade dev' esser prodotta da qualche causa, e perciò *proporzionale ad essa*; che è la legge seconda.

263. Quando un corpo urta in un altro o per muoverlo, se sta quieto, o per fermarlo, se si muove, la sua azione tende a superare la resistenza, che fa il secondo alla mutazione del proprio stato, superata questa deve mutarlo. Onde il primo non impiegherà

rà tutta la forza, che ha contro il secondo, ma solamente quella porzione, che uguaglia la resistenza di questo; perciò l'azione farà uguale alla reazione; essendo la resistenza, che fanno i corpi una vera azione §. 183. Quantunque abbondantemente siano dimostrate le tre leggi del moto per mezzo della forza d'inerzia, e ciò non ostante possono ancora ricavarfi immediatamente dalle osservazioni, ed esperienze; ed è utile il farlo, non solamente per confermare tanto più questa forza d'inerzia, che si trova ne' corpi, ma ancora per concepirle meglio, ed acciocchè la mente umana resti nel tempo stesso convinta, ed illuminata §. 59.

264. *La prima legge* si dimostra colle continue osservazioni fatte su i corpi, dalle quali apparisce evidentemente, che mai un corpo da per se stesso s'è veduto passare dalla quiete al moto, o dal moto alla quiete, senza una causa manifesta. Siamo tutti così intimamente persuasi di questa legge, che vedendo qualche corpo non animato avere mutato il sito, dove l'avevamo posto, quando non possiamo rinvenirne la cagione, lo crediamo un effetto portentoso, tanta è la forza, che hanno in noi le osservazioni continue fatte sopra i corpi naturali non animati. Il vedere un corpo inerte muoversi senza che possiamo penetrarne la cagione, produce in noi la stessa maraviglia, che se vedessimo una palla di marmo trasformarsi da se stessa in piramide. Vediamo certamente crescere le piante, produrre le foglie, e frutti, ma di questi moti ne troviamo le cause manifeste. Si muovono i corpi animati, ma de' loro movimenti ritroviamo l'origine, o nelle impressioni fatte sopra i loro sensi, o in qualche sostanza, che si truova in essi dotata dal Creatore della facoltà di muovere il corpo. Siamo perciò intimamente persuasi dall'osservare i corpi, che questi non hanno facoltà alcuna di darli il moto. Se abbiamo qualche proclività di dubitare di questa legge, è più tosto per riguardo al passaggio, che vediamo continuamente fare i corpi dal moto alla quiete. Ma questo dubbio ci viene tolto dalle sperienze di Fisica, per mezzo delle quali ci accertiamo, che ogni corpo si riduce alla quiete, o per la propria gravità, o per la scabrosità del piano, su di cui camina, o per la resistenza dell'aria, e altro mezzo, in cui si muove, o per altre cause, che producono qualche resistenza. Imperocchè osserviamo tutt' i corpi conservare più tempo il loro moto, se si diminuiscono le cause, che a poco a poco vanno estinguendo il loro moto. Onde un pendolo fatto con accuratezza, e  
che

che oscilli nel voto, fa molte più oscillazioni, che nell'aria libera.

265. Da questa prima legge ne siegue, 1. Che ogni moto deve farsi per una linea retta. Imperocchè per potere un corpo descrivere una linea curva, dovrebbe ogni momento deviare dalla linea retta, e però smutare la propria direzione da per se stesso. La linea curva è quella, che ogni momento si slontana dalla sua tangente, o linea retta, che la tocca in quel punto §. 84. Quindi se noi osserviamo alcuni corpi, come sonò i Pianeti, e le Stelle, descrivere linee curve, possiamo sicuramente concludere, che devono almeno da due forze essere spinti, una per linea retta, l'altra che ogni momento li rimova da questa. Perciò è falsa la sentenza delle Scuole, che il moto circolare, o curvo è connaturale a' corpi, e può nascere da una sola forza.

266. In secondo luogo da questa legge se ne ricava l'*Inerzia* della massa, già di sopra dimostrata; e che nè il moto, nè la quiete sono alla materia essenziali. Se lo fosse alcuno di questi, i corpi naturalmente tenderebbero alla quiete, o al moto, contro questa prima legge del moto.

267. La seconda legge si ricava non solamente dalla prima, ma ancora dall'osservare, che forza doppia doppio moto comunica al corpo stesso, tripla, triplo ec. o gli dia questi gradi di moto tutti in un colpo, o successivamente. Se un corpo si muove, e un altro lo spinge secondo la stessa direzione, accresce il suo moto, se in contraria direzione, lo diminuisce; se obliquamente l'urta, l'obbliga a prendere una strada di mezzo, e ciò sempre a proporzione della forza, che ha il corpo, che urta.

268. Da questa legge si ricava l'impossibilità del moto perpetuo nel presente stato di cose. Acciocchè questo si dia, è necessario, che la stessa quantità di moto passi per una serie non interrotta di corpi dal primo all'ultimo, per ritornarne da questo nel primo senz'alcuna diminuzione. Ma ogni moto si fa in mezzi resistenti, e con macchine imperfette; dunque il moto deve sempre diminuirsi nel passaggio, che fa da un corpo ad un altro; se pure non vogliamo contro questa legge ammettere, che il moto comunicato diventi maggiore della forza, che lo ha comunicato, per compensare il dispendio, che fa d'esso per le continue resistenze, che incontra.

269. La terza legge deve intendersi in questa maniera. Per mezzo della vicendevole azione di due corpi nascono uguali mutazioni nel

nel moto. L'azione, che esercita un corpo sopra d'un altro non è tutta la forza di esso, ma quella porzione di forza, che impiega nell'operare un corpo sopra d'un altro. Questa azione è diretta semplicemente a superare la resistenza, che trova nel corpo, furci opera. Ciò si fa manifesto col seguente esempio. Se un uomo fa alla lotta con un suo pari, impiega molto maggior forza, che se lotterà con un altro, che abbia minor età di lui; perchè nel primo trova più resistenza, che nel secondo. Adopererà in oltre più forza lottando con un giovane, che con un fanciullo. Lo stesso accade, se abbia da trasportare pesi diversi, a proporzione di questi adopera la forza, o esercita l'azione per trasportarli. Così ancora minor forza usiamo nello stringere un bicchiere di vetro sottile, che un vaso di metallo; se l'adopriamo uguale si spezzerebbe il bicchiere; essendo minima la coesione delle sue parti. Quindi accade, che trasportando un vaso di vetro quantunque sottile non lo rompiamo, ma se sia ripieno di qualche liquore lo spezziamo facilmente; perchè il maggior peso, ha obbligato noi ad adoperare maggior forza nel trasportarlo, alla quale non ponno reggere le parti del vetro.

270. Per verità ogni azione corporea ricerca un ostacolo, o una resistenza; levata questa non si può concepire più alcuna azione; se vi fosse cadrebbe nel niente, e perciò resterebbe distrutta. Se l'azione d'un corpo in moto verso un altro è maggiore dell'ostacolo, allora quel di più dell'azione sarà niente; se poi l'azione si fa minore della resistenza, essendo questa un'azione contraria §. 183. la reazione agirà in parte senza ostacolo, e perciò quel di più sarà nulla. Dunque ogni azione deve essere perpetuamente uguale alla reazione.

271. Osservazioni. Questa legge evidentemente apparisce nelle azioni, che esercitano i corpi animati sopra gli inerti. Un cavallo tira un cocchio, o supera la sua resistenza, e lo trasporta, o non la supera, ed ambedue stanno quieti. Nell'uno, e nell'altro caso l'azione, e la reazione sono uguali. Per misurare queste, basta osservare gli effetti da esse prodotti. Nel secondo caso il cavallo, e il cocchio stanno ugualmente quieti, questo è effetto delle vicendevoli loro azioni; dunque anche queste saranno uguali fra loro. Nel primo caso l'effetto del cavallo sopra il cocchio è il farlo avanzare, l'effetto della resistenza, che fa il cocchio al cavallo, è ritardare il moto del medesimo, il quale ritardamento lo produce, non quando il cavallo sta fermo, ma quando si muove, cioè quando il cocchio va appresso

al

al cavallo. Ora quanto si promuove il cocchio, tanto viene ritardato il cavallo; perchè se quando il cavallo cammina, e seco strascina il cocchio, si aggiunga peso sopra di questo viene a proporzione ritardato il moto del cavallo; se si tagliano improvvisamente le corde, che lo tengono unito al cocchio, si accelera il moto del cavallo, di modochè bene spesso osserviamo, che trabocca in terra per la maggiore velocità da esso non preveduta. Dunque essendo uguali l'avanzamento del cocchio, e il ritardamento del cavallo, ancora le loro azioni vicendevoli devono essere uguali. Questa uguaglianza si dà allora che amendue si muovono; onde per lo stesso motivo appunto che il cocchio cede alla forza del cavallo, le vicendevoli azioni si uguagliano. Se il cavallo non avesse forza maggiore della resistenza, che fa il cocchio, non potrebbe strascinarlo appresso; ma nell'atto che lo conduce non adopera tutta la forza, che ha; il che si fa manifesto dall'osservare, che battendosi il cavallo, in tal caso il cocchio cammina più velocemente, e il cavallo perciò deve impiegare maggior forza. Ma anche in questo caso l'avanzamento maggiore del cocchio porta un maggiore ritardamento nel cavallo.

272. *Osservazioni.* Se un uomo stando dentro una picciola barca ne tiri un'altra uguale, e dello stesso peso con una corda; amendue si verranno incontro, unendosi nel punto di mezzo della loro distanza. Devono le barche essere simili, acciocchè §.164. abbiano la stessa resistenza dall'acqua. Se la barca tirata è due volte più pesante, quella che tira descriverà due volte più spazio dell'altra, e perciò s'uniranno alla terza parte della distanza. Se la barca tirata è tre volte più pesante, quella che la tira a se, farà tre volte più spazio ec. onde se la barca, che è tirata avrà un peso infinito, quella che la tira descriverà uno spazio infinitamente maggiore di essa, e perciò questa movendosi per uno spazio infinitesimo, non sarà sensibile il suo moto.

273. Questa osservazione conferma evidentemente la terza legge. Ogni azione de'corpi consiste nel moto, che hanno; il moto, come dimostreremo in appresso, quando si muovono nel tempo stesso, si determina per mezzo del peso loro, e dello spazio, che descrivono. Dimodochè se due corpi hanno lo stesso peso, e descrivono lo stesso spazio, è segno evidente, che hanno lo stesso moto. Così ancora se quanto un corpo supera in peso un altro, altrettanto questo lo supera nello spazio, che descrive, anche in questo caso i moti, che

che hanno sono uguali; perchè il peso minore del secondo, viene compensato dallo spazio maggiore, che questo descrive. Ma nella speriienza, ora riferita, abbiamo questa compensazione; dunque le due barche in tutt' i casi si muovono con moto uguale; e perciò le loro vicendevoli azioni sono uguali.

274. Il caso d' una barca, che pesa infinitamente più di quella, che tira, l'abbiamo, quando si attacca a qualche rupe; che è alla riva del mare, una corda, e poi stando dentro una barca tiriamo questa, per accostare la barca alla riva. Allora tiriamo a noi tutta la terra, colla quale sta invincibilmente attaccata la rupe; ma la terra è d' un peso infinito rispetto alla rupe; dunque il suo moto verso la barca sarà impercettibile, mentre la barca con una velocità infinita rispetto alla terra, ma però finita in se stessa, si accosterà al lido. Che se il corpo, a cui s'attacca la corda nel lido, sia una colonna piantata in terra; non stando questa insuperabilmente attaccata alla stessa cederà, e staccherà per uno spazio infinitesimo da terra; e finalmente, come spesso vediamo accadere, si svellerà dal lido.

275. In tutte queste osservazioni possiamo dimostrare l'uguaglianza dell'azione, e reazione ancora coll'osservare la corda, colla quale il cavallo tira il cocchio, e una barca l'altra, che è ugualmente tesa e dalla parte del cavallo, e da quella del cocchio; e vicino a tutte due le barche. Questa tensione della corda nasce dalle azioni di questi due corpi; ma è uguale dalla parte di tutti due; dunque ancora le loro azioni devono uguagliarsi.

276. *Osservazione.* Lo stesso si deduce dall'osservare le azioni di due corpi inerti, quando s'urtano. Insegneremo a determinare nella Dinamica il moto, che si comunicano, e vedremo colla speriienza, che tanto moto comunica il primo al secondo, altrettanto ne perde. Ma il moto comunicato è effetto dell'azione d' un corpo, la perdita è effetto della resistenza, che fa l'altro; dunque l'azione si trova perfettamente uguale alla reazione, quando i corpi si comunicano il loro moto. Si avverta quì, come l'esperiienze dinamiche confermano la teoria di questa legge; e per mezzo di questa si possono ancora dimostrare, o determinare le speriienze. Nel che consiste il maraviglioso ordine Newtoniano, col quale da un competente numero d'osservazioni, e speriienze si ricavano le leggi del moto naturali; e poi per mezzo della Teoria di queste, si determinano, e spiegano gli altri fenomeni della Natura.

*Espe-*

277. *Esperienze*. Newton nell'annotazione, che fa dopo i collari delle leggi del moto, dimostra la legge terza nell'attrazione magnetica. Siano A, B due pezzi di suvero uguali di volume, e di peso, notanti in un vaso lungo d'acqua. Sopra A si metta un pezzo di calamita, e sopra B un pezzo di ferro. Quindi s'accostino a quella distanza, alla quale è solita la calamita tirare il ferro. Si verranno tutti due incontro, e venuti all'immediato contatto si fermeranno, uno non spingendo più l'altro: così Newton; al che soggiunga, che se il pezzo di calamita pesa ugualmente, che il ferro, si verranno tutti due incontro nel punto di mezzo della loro distanza; se la calamita peserà tre volte più del ferro, questo lo vedrete descrivere tre volte più spazio di quella ec. lo stesso accaderà, se il ferro pesi tre volte più della calamita, allora questa farà uno spazio triplo del ferro. Le stesse esperienze accaderanno tra calamita, e calamita; e in qualunque caso nel punto del contatto si fermeranno.

Tav. 1.  
Fig. 4

278. Da tali sperienze si ricava, che non solamente la calamita tira il ferro, ma ancora il ferro la calamita; perchè tutti due si vengono incontro; e siccome descrivono spazi uguali, se hanno ugual peso, disuguali, e che compensano i loro pesi, se non pesano ugualmente; così §. 173. i loro moti, e perciò le loro azioni devono altresì essere uguali. Ciò si conferma ancora dall'osservare, che in qualunque caso dopo essersi urtati si fermano. Se l'azione del più pesante, od di quello, che si muove con più velocità fosse maggiore dell'azione dell'altro; allora dopo l'urto non si fermerebbero, ma notando liberamente nell'acqua, quello che meno agisce sarebbe spinto dall'altro, e amendue andrebbero verso la parte del minore; ma l'esperienza dimostra, che si fermano; dunque sostengono le loro azioni vicendevoli, che sono uguali.

279. La stessa legge ha luogo in due corpi, che vicendevolmente si tirino in uno spazio libero. Quantunque si vengano incontro con velocità diversa, ciò non ostante essendo queste velocità in proporzione contraria delle masse, e moti di essi, e perciò le azioni faranno uguali; onde nel punto del contatto si fermeranno; se accadesse il contrario, accelerando sempre il moto andrebbero in infinito.

280. Quindi si ricava, che dalle velocità diverse, colle quali due corpi agiscono uno contro l'altro, non si può ricavare la disuguaglianza delle loro azioni, essendo sempre le velocità in ragione reciproca delle masse, come dimostreremo in appresso.

## 114 CAPO II. LEGGI DEL MOTO.

281. Lo stesso dimostra il Newton nella vicendevoles gravità delle parti terrestri. Si prenda la parte HIK molto più piccola dell'altra parte di terra HFK. Se si separassero una dall'altra, per la vicendevoles azione della gravità tornerebbero ad unirsi, come fa qualunque sasso sollevato da terra. Ora queste due azioni sono fra loro uguali; primo perchè se la parte HFK sarà un milione di volte più pesante della parte HIK, questa per lo contrario andrà verso la maggiore con un milione di volte più velocità; e perciò dandosi la compensazione, i moti saranno uguali, onde ancora l'azioni. Secondo dalla parte maggiore si tagli EFG uguale alla minore HIK; la parte di mezzo EHKG, che è la differenza tra la maggiore, e la minore, deve riputarfi come un ostacolo posto in mezzo tra le due azioni uguali delle parti EFG, HIK. Perciò la parte EFG tanto premendo quella di mezzo verso I, quanto HIK spinge la stessa verso F; la HEGK starà quieta; e perciò tutta la terra starà ferma sostenendo le azioni delle sue parti o uguali, o disuguali; se accadeffe il contrario la parte minore cederebbe alla maggiore, e tutta la terra con un moto rettilineo camminerrebbe in infinito andando verso I contro le osservazioni. Dunque l'azione della parte HFK maggiore è uguale all'azione della minore HIK.

282. Siccome dall'inerzia della massa nascono queste tre leggi; così da queste nasce tutto ciò che si dice de' moti semplici, o composti de' corpi, del loro urto ec. In queste è fondata l'intera Meccanica, come di ciò dà qualche esempio lo stesso Newton dopo averla esposta, e Errico Pemberton, che conobbe questo celebre Filosofo, e conversò molto con lui negli ultimi anni della sua vita; nel Saggio della Filosofia Newtoniana tradotto dall'Inglese, e ristampato a Venezia nel 1733. Ma non potendosi l'intera Meccanica racchiudere in pochi corollari; perciò nell'esposizione di questa scienza, vedremo l'uso delle leggi del moto.

## C A P O III.

### *Delle varie specie di Moto.*

283. **Q**Uando un corpo passa da un luogo, ad un altro, dove, se si muove naturalmente, passare per tutt'i luoghi, che ci sono di mezzo. Se ciò non fosse dovrebbe il corpo essere nel

### CAPO III. DELLE VARIE SPECIE DI MOTO. 115

nel tempo stesso annichilato nel luogo ove è, e tornato a creare in quello dove ha da passare. Non può concepirsi altra maniera di muoversi senza passare per gli luoghi, che sono di mezzo. Ma l'annichilazione, e la creazione non sono effetti naturali, dunque quando un corpo si muove, ha da passare per tutt'i luoghi di mezzo. Da ciò si ricava, che è impossibile naturalmente il moto istantaneo. Ogni moto adunque si fa in tempo; e perciò in qualunque movimento, deve computarsi sempre il tempo, in cui il corpo si muove. Imperocchè dovendo il corpo passare per tutt'i luoghi di mezzo, qualunque minima porzione di tempo impieghi a descrivere ciascheduno, sempre per passare da luogo a luogo impiegherà un tempo determinato.

284. Nel muoversi, che fa un corpo, osserviamo sempre in esso un'energia, per mezzo della quale in un tempo determinato percorre uno spazio determinato. Questa energia, che sempre gli viene comunicata esteriormente, quando è urtato da un altro, non è sempre la stessa. Perchè osserviamo, che alle volte lo stesso spazio lo descrive più presto, alle volte più tardi. Questa energia, che non sappiamo che cosa è, viene comunemente da' Filosofi chiamata *Velocità*, o *Celerità*. Essa adunque altro non è, che una disposizione, o affezione, per mezzo della quale si rende atto il corpo di percorrere uno spazio determinato, in un tempo determinato. Quindi merita d'esser dal volgo nella Meccanica viene detta *un grado della forza motrice*.

285. La forza motrice, che osserviamo §. 284. nelle menti umane non è infinita, ma limitata. Se la mente vuole innalzare il suo corpo da terra, non può farlo, che all'altezza di pochi piedi. Se vuole spingere un corpo, non può farlo, che ad una distanza determinata. Ma proviamo ancora, che ne' limiti da Dio ristretti a questa forza, può la mente più speditamente, o più tardi muovere i corpi. Alle volte adopera più della sua forza, alle volte meno. Questa impressa al corpo, gli dà quell'energia, che noi in esso chiamiamo velocità; onde merita che questa si può chiamare grado della forza movente.

286. Questa energia entrando nella materia, si deve distribuire ugualmente in tutte le parti di essa; perchè tutte per la Sez. 3. hanno opposto un ostacolo uguale per riceverla; nè c'è maggior ragione, per la quale una parte di materia ne debba ricevere più d'un'altra, quando siano uguali. Tutte queste parti della materia avendo ricevuta un'uguale energia, per la stessa forza d'inerzia, e per la legge 1.  
del

del moto §. 264. la conserveranno con una forza uguale; se sono uguali, e proporzionale alla loro massa se sono disuguali.

287. L'energia al muoversi, o la velocità distribuita per la massa del corpo si chiama *Moto*. Onde questo non è altro, che l'energia stessa ricevuta nel corpo. Prendiamo un minimo naturale §. 79., e comunichiamogli un grado d'energia, cioè una forza determinata, farà una resistenza determinata a riceverla, che noi non possiamo determinare, perchè l'assoluta quantità delle cose è affatto ignota §. 155. La stessa energia diamola a un minimo naturale doppio del primo, resisterà questo il doppio §. 203., e conserverà ancora con doppia forza questa energia. Se lo stesso grado 1. d'energia lo do ad un minimo naturale, che sia tre volte maggiore, la resistenza che fa sarà 3. e con forza 3. lo conserverà dopo che l'ha ricevuta. Se grado 1. lo comunico a un minimo naturale 4., resisterà come 4., e lo conserverà come 4. ec. Non v'è dubbio, che lo stesso grado di moto se si difonde per maggiore massa, a ciascuna parte d'essa ne toccherà minore porzione; di modochè prese tutte queste porzioni insieme, non faranno che un grado di moto. Ma però questo grado essendo conservato da maggior massa, sarà trattenuto in essa con forza proporzionale alla stessa.

288. Si comunichi ora un grado di velocità ad un minimo naturale; quindi 2. gradi allo stesso minimo, farà in questo secondo caso doppia resistenza nel riceverli §. 204., ma ricevuti che li ha, li conserverà con forza 1. cioè proporzionale alla massa. Se allo stesso minimo darò gradi 3. di forza, resisterà come 3., ma conserverà questi 3. con forza 1. Se gli ne do 4. resisterà come 4., ma li conserverà con forza 1. Perchè uguale forza sperimentiamo, che si ricerca §. 185. a muovere un corpo, che a levargli il moto dato. Quando lo vogliamo muovere ci resiste la massa, quando lo fermiamo ci resiste la forza stessa impressagli, se la massa non s'è mutata. Se un minimo naturale ricevendo forza 4., e avendo resistito come 4.; tratteneffe anche come 4. questa forza, allora nel volergliela levare non proveressimo più resistenza 4., come sperimenteressimo nel dargli il moto; ma sentiressimo resistenza 4. volte 4.; cioè 16. volte maggiore; però la forza 4. sarebbe trattenuta dal corpo con forza 4. Ma questo è contro la quotidiana esperienza; dunque restando la stessa massa del corpo, se accresce la forza, che gli comunico, resisterà come è l'ostesimento della forza, ma acquistata, che l'ha, la conserverà per la propria inerzia, però sempre con ugual for-

forza, qualunque sia l'accrescimento, purchè resti la stessa massa.

289. Quantunque l'esperienza così c'insegna; cioè non ostante pare alquanto duro il concepire, come la stessa materia debba fare qualunque resistenza al moto, e nel conservarne qualunque grado debba adoperare la stessa forza, cioè proporzionale sempre alla sua massa; che supponiamo non mutarsi. Si diminuirà la difficoltà; se riflettiamo, che quando un corpo stesso riceve una velocità data, deve ricevere una nuova modificazione, o stato, a cui non è portato naturalmente, quantunque sia capace di riceverlo. Onde quanto maggiore è questa modificazione, tanto maggiore resistenza opporrà nel riceverla; per la propria inerzia in cui è. Ma quando l'ha già ricevuta, e perciò non se gli oppone più, allora tutta la forza attiva, che ha attualmente, la deve a questa energia, che è in esso introdotta; quindi la resistenza, che farà alla nuova mutazione dello stato, che in esso vogliamo introdurre, farà solamente proporzionale a questa forza attiva, che è in esso, supponendo sempre, che non cresca di massa; che se questa si aumentasse, allora §. 287. diverrebbe maggiore la forza, con cui resiste. Era necessario, che mi diffondessi più del dovere ad esaminare la forza d'un corpo, che restando sempre lo stesso, gli comunichiamo diverse velocità; perchè da questo punto non bene esaminato dipende l'errore de' Leibniziani intorno alla maniera di misurare le forze de' corpi, che sono in moto, come diffusamente vedremo a suo luogo.

290. Data una giusta idea della *velocità* §. 284., e del *moto* §. 287., è dovere esporre le varie specie, che di esso si ritrovano. Il *moto* §. 219. è un passaggio d'un corpo da un luogo a un altro; il luogo §. 48. è assoluto, o relativo; perciò ancora il moto riceverà una tale denominazione: *Moto assoluto* è il passaggio d'un corpo da un luogo assoluto ad un altro; *Relativo* da un luogo relativo ad un altro; e siccome per concepire il luogo relativo si ricercano i corpi relativamente a' quali si determina il moto; così ancora lo stesso sarà per riguardar al moto relativo.

291. Se i corpi, a' quali si riferisce quello, che è in moto, sono lontani da esso, allora si chiama *Moto relativamente comune* dal Clark nella nota a *Roault Fisica part. 1. c. 10. art. 2.* Così nel sistema Copernicano essendo il Sole nel centro del Mondo, e la terra girando intorno ad esso, se consideriamo il moto di questa relativamente al Sole, che è un corpo lontano, si dirà moto relativamente comune. Se i corpi, a' quali riferiamo il moto di qualche altro, sono vicini a quello,

lo,

lo, che si muove allora si dice *moto relativamente proprio*. Questa appunto è quella specie di moto, che ha descritta il Cartesio. Così relativamente a' muri della camera, o a' lati della nave si muove un uomo con moto relativamente proprio, e nella stessa guisa un pesce si muove nell'acqua.

292. Dalla spiegazione del moto assoluto, e relativo si può ricavare facilmente, che il vero moto è solamente l'assoluto, e qualche volta ancora il relativo; ma bene spesso un corpo, che realmente si muove apparirà relativamente quieto, e un corpo, che relativamente si muove, in realtà poi starà fermo. Non potendo però noi distinguere co' sensi le parti dello spazio assoluto, non potremo perciò misurare il moto assoluto. Dunque per determinare il moto de' corpi ci serviremo del luogo, e moto relativo. Così per concepire come tutti questi corpi celesti si muovano, ne fissiamo uno, che concepiamo come immobile; i Tolomaici pongono la Terra come fissa nel centro del Mondo; i Copernicani il Sole; e così nell'uno, e nell'altro sistema determinano i moti di tutti gli altri corpi relativamente a questi. Ma se il Sole, o la Terra andassero per linea retta camminando in questo spazio infinito, il che non possiamo determinare, in questo caso quantunque il moto relativo resterebbe sempre lo stesso, perchè non si varierebbe la relazione tra i corpi celesti; ciò non ostante, sarebbe diverso il moto assoluto di tutti.

293. Quindi apparisce, che cosa sia la *quiete assoluta*, e la *relativa*. Quando un corpo resta nella stessa parte di spazio assoluto, allora veramente sta quieto; quando resta nella stessa parte di spazio relativo, allora sta quieto relativamente. Stia un uomo quieto dentro una nave, e ancora la terra stia ferma nella sua parte di spazio, che occupa. La nave all'incontro si muova nel mare. Siccome la nave si muove assolutamente, cioè nello spazio mondano, e relativamente, cioè rispetto alle rive, così anche l'uomo parteciperà di questi due moti; ma relativamente a' lati della nave starà quieto, perchè non si muove con moto relativamente proprio. Se fingiamo, che anche la terra si muova, allora il moto dell'uomo sarà composto dell'assoluto moto della terra, e del relativo della nave in terra. Se nel tempo stesso ancora l'uomo si muova nella nave; il moto di questo nascerà dall'assoluto della terra nello spazio infinito, e da' relativi della nave in terra, e dell'uomo nella nave. Se tutti tre questi moti si faranno secondo la stessa direzione, dovremo prendere la somma d'essi per aver l'intero

iero moto reale dell'uomo. Onde se la terra andasse da Occidente in Oriente con gradi di velocità 10010., e la nave anch'essa secondo la stessa direzione si muovesse nel mare con 10. gradi; e l'uomo per lo stesso verso camminasse nella nave con un grado di velocità; essendo tutti tre questi moti conspiranti, l'uomo realmente camminerà verso Oriente con 10021. gradi di velocità. Ma se la nave andasse verso Occidente con 10. gradi di velocità, e l'uomo nella nave verso Oriente con un grado; allora il moto assoluto dell'uomo sarebbe verso Oriente di gradi 10001.; e il moto relativo dello stesso nella terra sarebbe verso Occidente di gradi 9.; perchè la nave cammina verso Occidente con gradi 10., de' quali uno ne distrugge l'uomo camminando nella nave verso Oriente.

294. Supponiamo ora, che la terra sia ferma, e la nave cammini verso Oriente; e un uomo dalla prora tiri verso la poppa, cioè verso Occidente un sasso colla stessa velocità della nave. In tal caso egli vedrà il sasso muoversi col moto relativo nella nave, uguale al moto assoluto della medesima. Realmente però il sasso starà quieto d'una quiete assoluta; perchè quanto la nave di moto comune lo trasporta verso Oriente, altrettanto egli di moto proprio va verso Occidente. Perciò un uomo, che stia fuori della nave lo vedrà quieto cadere per una linea perpendicolare alla terra spinto dalla propria gravità. L'uomo che sta nella nave guardando il sasso scagliato da esso verso poppa relativamente a' lati della nave, s'accorge, che realmente va accostandosi alla poppa. Ma quello, che sta di fuori nel tempo stesso, che vuole osservare il moto del sasso, che è in aria, vede la poppa della nave colla stessa velocità venire incontro al sasso; e perciò non può accorgersi d'alcun moto, onde a lui pare, che il sasso non si muova, come di fatto sta quieto.

295. Fingiamo che andando la nave ad Oriente, il sasso sia in essa scagliato verso Occidente con minore velocità della nave; quei che stanno nella nave vedranno per la stessa ragione di sopra andare il sasso verso poppa colla velocità ricevuta. Ma chi sta allido osserverà il sasso andare verso Oriente colla differenza, che è tra la velocità della nave, e quella del sasso. Perchè la poppa va incontro al sasso con velocità maggiore di quella, che il sasso vada contro essa; onde il sasso andrà verso Orizzonte col moto comune della nave.

296. Queste considerazioni del moto relativo servono per il spiegare i moti tutti de' corpi, nell'ipotesi Copernicana della terra, che  
gira

gira intorno il suo asse, nello spazio di 24. ore ponendo in vece della nave la terra stessa. Dal che si ricava, che anche in questo sistema i moti de' corpi rispetto a noi, che siamo in terra accadono nella stessa maniera, o che questa stia quieta, o che si muova. Onde ricaviamo una regola generale; *che i moti tutti de' corpi sono apparentemente gli stessi, sebbene il luogo, in cui si fanno, si muova*. § 297. Ogni moto si fa in qualche tempo § 283.; questo è assoluto, e relativo. Il Tempo assoluto, vero, e matematico è quello, che si concepisce scorrere sempre ugualmente, sebbene non ci fosse alcun corpo in natura, che si movesse, o alcuna mente, che pensasse. Non si distingue questo, nè è diverso dalla durata, o conservazione di tutte le cose create. Onde eruditamente Lucrezio nel *lib. II. de rerum natura*. *Tempus item per se non est, sed rebus ab ipsis*. *Consequitur sensus; transactum quid sit in ævo, non potest sciri. Tam quæ res instet, quid porro deinde sequatur.* § 298. *Neo per se quàmquam tempus sentire fatendum est.* § 299. *Semotum ab rerum motu, placidæque quiete.* § 300. Il Tempo relativo, volgare, e fisico è una parte del tempo assoluto misurata col moto di qualche corpo, o colla successione dell' idee nell' anima. Questo solo è soggetto a' nostri sensi, e può essere da noi misurato. Sono convenuti tra loro gli uomini di misurare il tempo vero per mezzo del moto del Sole intorno la terra, e questo lo chiamano anno, mese, giorno, ora ec. Ma il Sole ora accelera, ora ritarda il suo moto; perciò non può essere un' esatta misura del tempo assoluto. Procurano ciò non ostante gli Astronomi di ridurre il tempo relativo all' assoluto, col fingere un Sole, che equabilmente si muova; e ciò si dice *Equazione Astronomica del tempo*, della quale in Astronomia parlerassi. § 301. Il Moto altro è *semplice*, altro *composto*. Il Moto semplice è quello, che nasce da una o più cause, le quali operano in un corpo secondo la stessa direzione. *Moto composto* è quello, che nasce da due o più cause, che spingono nello stesso tempo un corpo per direzioni diverse. § 302. Di qualunque specie sia il moto, o è *Uniforme*, ed *Equabile*, o *Variabile*, e *Inequabile*. Il primo è quello, in cui la velocità resta sempre la stessa nel corpo; il secondo, in cui la velocità si muta, accrescendosi, o diminuendosi sempre. § 303. Se nel moto variabile la celerità cresce, si dice *moto accelera-*

*derato*, se diminuisce *ritardato*. Quando la velocità cresce nella stessa ragione del tempo, in cui si muove un corpo, si chiama allora *moto uniformemente accelerato*; se cala come il tempo, *uniformemente ritardato*.

302. In ogni moto devono considerarsi quattro cose. *La quantità della materia*, o la *massa* del corpo, che si muove; la *velocità*, che ha, lo *spazio*, che descrive, e il *tempo*, in cui lo descrive.

303. La *materia* d'un corpo si determina in due maniere; Primo per mezzo della densità, e del volume; Secondo col peso, che ha, essendo questo come dimostreremo proporzionale alla massa.

304. Per riguardo al primo modo il *volume* d'un corpo, non è altro, che l'espansione del corpo in lungo, largo, e profondo. La *densità* è la massa d'esso relativamente al volume, che occupa. Se ho due palle uguali una di legno, l'altra d'oro, questa si chiama più densa di quella, perchè sotto la stessa mole contiene più materia della prima; e quella di legno è più *rara* per riguardo a quella d'oro, perchè ne contiene meno. Quindi apparisce, che cosa sia la *rarezza* d'un corpo.

305. Poste queste definizioni non è difficile il dimostrare la seguente verità. *La Massa è uguale al volume d'un corpo moltiplicato per la sua densità*. Quanto più denso è un corpo, tanto maggior massa contiene §. 304., posto che resti lo stesso volume. Quanto maggiore volume ha, dovendo restare la stessa densità, tanto più di materia ci deve essere nel corpo §. 37., e seguenti. Dunque se crescerà del doppio la densità d'un corpo, doppia materia ancora conterrà; o se di più crescerà del doppio il volume senza diminuirsi la densità, avrà il corpo quattro volte più massa di prima. Perciò la materia si determina moltiplicando la massa, nel suo volume.

306. Quindi se l'aria si condensa del doppio in qualche luogo, ci farà in esso due volte più aria; se si condensa nella stessa maniera, ma in un luogo due volte più grande, allora in questo avremo quattro volte più aria di prima, che si condensasse. Lungo farebbe il ricavarne tutt'i corollarj; questo per mezzo dell'analisi si renderà molto più facile, ed universale.

## C A P O IV.

*Cognizioni Matematiche per lo moto, e la massa.*

307. **Q**uanto utile apporti alla Fisica l'Algebra, lo dimostrano le considerabili correzioni fatte nella Scienza naturale, e le nuove scoperte, dopo che furono dal Galileo applicate le Matematiche alla Fisica, e in appresso la Scienza dell'Analisi. Di questa scienza nota ad Euclide, e ad altri antichi pervennero a noi i primi fondamenti per mezzo di Diofanto Alessandrino fiorito dopo Euclide, prima dell'era volgare, o secondo altri a tempi di Nerone; la ridusse universale Francesco Vieta nato nel secolo decimo quinto a Fontaine nella Provincia di Poitou, come apparisce dalle sue Opere Matematiche ristampate in un volume a Leiden nel 1646. Con essa non solo si trovano facilmente tutte le verità meccaniche, ma inoltre si determina prontamente la verità, o falsità di qualunque Teorema meccanico a noi proposto. Dovendoci perciò servire ben spesso di questa scienza nell'esporre le dottrine del moto, ho giudicato opportuno notare in breve le più essenziali cose dell'Analisi per rinfrescarne la memoria a chi le sa, e darne un saggio a quelli, che ne sono affatto all'oscuro.

308. L'Analisi dovendo esporre la proprietà della quantità, in generale Pref. §. 3., non può servirsi per significarle de' numeri, e delle linee, che sono quantità particolari. Quindi scelsero gli Analisti le lettere dell'Alfabeto, che da per se stesse non significano cosa alcuna, acciocchè con esse potessimo esprimere qualunque numero, estensione, o moto. Le prime lettere dell'Alfabeto a, b, c, d ec. fino ad x esprimono sempre le quantità a noi note, le ultime x, y, z le quantità incognite, che andiamo ricercando; così sono tra loro arbitrariamente convenuti gli Analisti.

309. Hanno inoltre adottato alcuni segni particolari, per mezzo de' quali indicano in breve le proprietà, e operazioni, che si fanno sopra le quantità. Questo segno  $\dagger$  prefisso a qualche lettera, o pure niuno, indica, che la lettera è *positiva*, cioè pone, o afferma qualche quantità. Questo  $-$  indica che la lettera distrugge qualche quantità, e fa la lettera *negativa*. Il primo si chiama segno del *più*, il secondo del *meno*. Onde a, ovvero  $\dagger$  a esprime qualche cosa *positiva*,  
riva,

tiva, — a distrugge quello che a avea posto. Questo segno = posto tra due quantità esprime, che sono uguali; perciò  $a - a = 0$  significa che a meno a, è uguale al zero. Questa breve espressione dell'uguaglianza di due cose viene detta *Equazione*. Se tra due lettere si pone questo segno  $>$  si vuol esprimere, che la prima significa una quantità maggiore della seconda; se quest'altro  $<$  una quantità minore. Onde  $a > b$ ,  $8 > 5$  significa, che a è maggiore di b, 8 è più grande di 5. Per lo contrario  $b < a$ ,  $5 < 8$ , che b è minore di a, e il 5 minore di 8. Questo segno  $\infty$  denota una quantità infinita; perciò  $n = \infty$  significa n essere uguale ad un numero infinito. Questo  $\times$ , ovvero un punto posto tra due lettere indica, che sono insieme moltiplicate; Se tra esse si pongano due punti significa, che la prima è divisa per la seconda. Onde  $a : b$  vuol dire a diviso per b; l'esprimono ancora così  $\frac{a}{b}$ ,  $\frac{5}{4}$  ec. Se una o più lettere si pongono sotto questo segno  $\sqrt{\quad}$ , che si chiama segno radicale, allora si vuol denotare, che da esse deve cavarli la radice quadrata, detta anche radice seconda; onde  $\sqrt{9} = 3$ , la radice quadrata del 9, è 3. Quando si vogliono esprimere l'altre radici sopra il segno radicale si pongono i numeri, che le denotano. La cubica, o terza s'esprime col numero 3, la quarta col 4 ec. Onde  $\sqrt[3]{8} = 2$ , vuol dire, che la radice cubica d'8 è 2;  $\sqrt[4]{16} = 2$  significa che il 2 è la radice quarta del 16. Questo segno  $\sim$  tra due lettere denota, che una è simile all'altra;  $a \sim b$ , a simile b.

310. L'Algebra fa le stesse operazioni sopra le lettere, che sopra i numeri l'Aritmetica. Per *sommarle*, basta metterle vicine cogli stessi segni, che hanno; onde  $a + b$  sommato con  $c - d$ , così si scrive  $a + b + c - d$ . Per *sottrarle* muta tutt' i segni alle lettere sottraende; se dalla quantità  $a + b$  deve levarsi  $c - d$ ; il Resto farà  $a + b - c + d$ . Per *moltiplicarle*, le mette vicine, o c'interpone un punto, o questo segno  $\times$ . Dovendo moltiplicare a per b, scrive  $ab$ ; ma se le lettere moltiplicande sono majuscole come A, B scrive  $A \cdot B$ , ovvero  $A \times B$ ; così ancora se tutto  $a + b$  deve moltiplicarsi per  $c - d$ , scrive  $(a + b) \times (c - d)$ ; ovvero  $\overline{a + b} \times \overline{c - d}$ . Per *dividerle* si pone due punti, in mezzo, o una linea, scrivendo il dividendo sopra, e il divisore sotto. Sia da dividersi  $a + b$  per  $c - d$ ; si farà così  $\frac{a + b}{c - d}$  ovvero  $\overline{a + b} : \overline{c - d}$ . La linea, che si pone sopra, indica, che tutta la prima quantità deve dividersi per la seconda; che se fosse scritto  $a + b : c - d$ ; allora il b solamente sarebbe diviso per  $c - d$ .

## 124 CAPO IV. COGNIZIONI MATEM.

311. Avanti le lettere sovente c'è qualche numero, che si dice il loro *coefficiente*, su questo s'opera come ne' numeri; onde  $2a \times 3b = 6ab$ . Alle volte dopo la lettera un poco più sopra d'essa c'è un numero, che si chiama *Esponente*, perchè esprime, se la quantità è quadrato, cubo ec. così  $a^2$  vuol dire il quadrato di  $a$ , ed  $a$  ovvero  $a^1$  è la prima potenza, o la radice quadrata, o il lato di  $a^2$ . Quando nella *moltiplicazione* ci sono esponenti nelle stesse lettere si sommano insieme; onde  $2a^3 \times 4a^2b = 8a^5b$ ;  $2a^3 \times 4a = 8a^4$ . Quando nella *divisione* si trovano esponenti alle lettere stesse, si sottrae l'esponente del divisore da quello del dividendo, essendo le medesime lettere. Perciò  $4a^3 : 2a^2 = 2a^1$  ovvero  $2a$ ;  $6a^3 : 2a^3 = 3a^{3-3} = 3a^0 = 3$ ; perchè  $a^0$ , cioè  $a$  coll'esponente zero significa 1. Se dovremo estrarre qualunque radice da una lettera, basterà dividere l'esponente della lettera, per quello della radicale. Onde  $\sqrt{a^2}$  sarà  $\frac{2}{2}$ ;  $\sqrt{a^4} = \frac{4}{2}$  ec.

312. *Ragione* è il paragone, che si fa d'una quantità con un'altra. *Proporzione* è il paragone di due ragioni uguali tra loro. Quando si paragonano due quantità, e s'osserva la loro differenza, dice si *Ragione Aritmetica*. Questa differenza, che si scuopre per mezzo della sottrazione, si chiama *Esponente della Ragione*. La differenza tra 7 e 3, è 4; tra 15, e 9 è 6. Quindi le ragioni Aritmetiche s'esprimeranno così  $a - b$ ,  $c - d$  ec. Quando paragoniamo due quantità per osservare quante volte una contiene, o è contenuta nell'altra, questa è *Ragione Geometrica*. Il quoziente, che si manifesterà colla divisione, si dice *Esponente della Ragione*. Onde  $\frac{6}{3}$ ,  $\frac{15}{9}$ , ovvero  $6 : 3$ ;  $a : c$  esprimono divisione, e ragione geometrica tra queste due quantità.

313. *Proporzione* essendo il paragone di due ragioni uguali; se  $a - b = c - d$ , questa sarà *Proporzionale Aritmetica*, la quale s'esprime ancora in questa maniera  $a : b :: c : d$ , e significa, che la differenza tra la quantità  $a$ , e la  $b$ , è uguale a quella, che passa tra  $c$ , e la quantità  $d$ . Se però fosse  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ , che s'esprime così  $a : b :: c : d$ ; quante volte  $a$  contiene, o è contenuta in  $b$ ; tante volte  $c$  contiene, o è contenuta in  $d$ ; allora si chiamerebbe *Proporzione Geometrica*. Questa si dice *discreta* quando i quattro suoi termini sono diversi, come nell'esempio di sopra, e in quest'altro numerico apparisce,  $4 : 8 :: 16 : 32$ ; chiamasi *continua*, se i due di mezzo sono lo stesso termine, come in questa,  $8 : 4 :: 4 : 2$ , dove il termine di mezzo è ripetuto.

314. La

314. La Proporzione Geometrica ha questa proprietà, che il prodotto degli estremi termini, è sempre uguale a quello de' medj;  $4 \times 32 = 8 \times 16$ ;  $8 \times 2 = 4 \times 4$ .

315. Una *quantità segue la ragione semplice diretta* d'un'altra; quando cresce essa o cala a misura di questa. Così osserviamo ne' traffici, che il frutto è direttamente, come il capitale; perchè se scudi 100 rendono ogni anno scudi 5; scudi 200 renderanno 10, che è il doppio. Se il frutto di qualunque considerazione sia lo chiameremo *f*, e qualsivisia capitale *c*, per esprimere, che il frutto è come il capitale, si scriverà *f*: *c*.

316. Una *quantità segue la ragione semplice inversa* d'un'altra; quando essa cresce, mentre questa cala, e si diminuisce, se questa cresce. Nel fare qualche edificio particolare, il numero de' fabbricatori è inversamente, come il tempo, che s'impiega a farlo; più operaj sono, più presto sorge la fabbrica, meno operaj, più tardi si fa, cioè più tempo s'impiega, minore è il numero de' fabbricatori. Supponiamo, che gli uomini si chiamino *v*, il tempo *t*, la ragione inversa si esprimerà così  $v : \frac{1}{t}$ , ovvero  $t : \frac{1}{v}$ , ciò significa, che gli uomini sono reciprocamente, come il tempo; o pure questo è reciprocamente, come il numero degli uomini. Eccone la dimostrazione.

317. Se abbiamo queste quantità 6, 5, 4, 3, 2, *b*; le inverse di queste saranno  $\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{b}$ . Perchè moltiplicando un numero per un altro, diventa il primo tanto maggiore, quante unità erano nel secondo. Ma la divisione è contraria alla moltiplicazione, dunque dividendo un numero per un altro verrà il primo tanto minore di se stesso, quante unità sono nel divisore. Onde se moltiplicando 4 per 2, il prodotto 8, è maggiore due volte di 4; dividendo 4 per 2, il quoziente 2 sarà due volte minore di 4. Perciò se dividiamo l'unità per le quantità di sopra 6, 5, 4 ec. i quozienti  $\frac{1}{6}, \frac{1}{5}$  ec. saranno le inverse di 6, 5 ec. E di fatto quanto 6 è maggiore d'uno, tanto un sesto è minore.

318. Una *quantità segue la ragione composta diretta di molte altre*, quando cresce o cala, come il prodotto di queste. Ne' traffici il frutto è in ragione composta diretta del capitale, e del tempo, che si tiene impiegato. Se doppio è il capitale, doppio ancora esser deve il frutto in un anno; onde in due anni farà due volte doppio, in tre anni tre volte doppio ec., e in genere il frutto sarà sempre come il prodotto del capitale nel tempo. Quindi è lo stesso mettere a frut-

to 200 ducati per un anno, che 100 per 2; perchè nel primo caso s'arrischia 200 per un anno; nel secondo s'arrischia la metà, ma per due anni; onde è conveniente, che anche in questo caso il frutto sia doppio. Perciò se il frutto sia  $f$ , il capitale  $c$ , il tempo  $t$ , avremo  $f: ct$ . Se qualunque quantità  $m$  cresca come varie altre  $b$ ;  $c$ ,  $d$ ,  $e$  la ragione composta s'esprimerà così  $m: bcde$ .

319. Una *quantità segue la ragione parte diretta, parte inversa di molte altre*, quando cresce, come alcune di queste crescono, e cala rispetto alle altre, e vicendevolmente. Supponete, che debba scavarfi una fossa. Il numero degli uomini è direttamente, come l'altezza della fossa, e inversamente, come il tempo, che s'impiega a scavarla. Più alta è la fossa, più uomini si ricercano; ma se viene concesso più tempo per farla, minore numero d'uomini si ricerca. Perciò se gli uomini siano  $v$ , l'altezza  $a$ ; il tempo  $t$ ; farà  $v: \frac{a}{t}$ . Poniamo, che  $b$  sia direttamente come  $c$ ,  $d$ ,  $e$ , e inversamente come  $g$ ,  $i$ ,  $m$ ,  $n$ ; s'esprimerà così  $b: \frac{cde}{gimn}$ .

320. *Equazione* è l'espressione dell'uguaglianza, che passa tra due quantità; onde essendo 24 uguale al 12 moltiplicato per 2; potrà esprimersi così  $24 = 12 \times 2$ ; così ancora  $10 + 8 = 6 + 4 + 14 - 6$ . Data qualunque equazione, possiamo senza distruggere l'uguaglianza fare varie mutazioni in essa, dalle quali, come vedremo in appresso, dipende la maggior parte delle dimostrazioni de' Teoremi meccanici. Le quantità, che sono avanti il segno d'uguaglianza, si chiamano il *primo membro*, quelle dopo il *secondo membro* dell'equazione. Ciò posto ecco l'*Affirma generale* per non errare nel fare varie mutazioni sopra qualunque equazione. *Se sopra i due membri dell'equazione considerati come due sole quantità, si facciamo uguali mutazioni, non si toglie l'uguaglianza, e perciò l'Equazione resta come prima.*

321. Dunque potremo *aggiungere o sottrarre dall'uno, e dall'altro membro le stesse quantità, o pure uguali, e l'equazione resterà come prima.* Onde se  $a = b$ , farà ancora  $a + c = b + c$ , ed altresì  $a - c = b - c$ ; e supponendo che  $c = d$ , avremo ancora  $a + c = b + d$ ;  $a - c = b - d$ .

322. Dal che si ricava, che *per far passare una quantità da un membro in un altro*, basta scassarla da quello, e scriverla in questo, ma col segno mutato. Sia  $x + 4 = 9$ ; e dobbiamo per trovare il valore di  $x$ , trasportare il 4 dalla parte del 9; si scriva  $x = 9 - 4 = 5$ .

Per-

Perchè §. 321. sottraendo dall'uno, e l'altro membro il 4, abbiamo  $x + 4 - 4 = 9 - 4$ , cioè  $x = 9 - 4$ . Questa operazione si chiama *Trasposizione*.

323. Si potrà inoltre *moltiplicare*, o *dividere* e l'uno e l'altro membro; o pure ciascun termine de' medesimi per le stesse quantità, o per uguali, e l'equazione non si muterà §. 320. Se  $a = b$ , farà ancora  $ac = bc$ , ovvero  $\frac{a}{c} = \frac{b}{c}$ . Se  $a + b = c + d$ , avremo ancora  $m \times a + b = m \times c + d$ , ed altresì  $\frac{a+b}{m} = \frac{c+d}{m}$ ; ovvero  $a + b = c + d$ , e parimenti  $\frac{a}{m} + \frac{b}{m} = \frac{c}{m} + \frac{d}{m}$ .

324. Da ciò si ricava il modo di liberare una quantità da qualcuna, *che la moltiplica*, dividendo tutta l'equazione per quella; o da qualcuna, *che la divide*, moltiplicando l'equazione per la stessa. Perciò se  $8x = 16$  farà  $\frac{8x}{8} = \frac{16}{8}$ , cioè  $x = 2$ ; se  $\frac{x}{3} = 4$  farà  $\frac{x}{3} \times 3 = 4 \times 3$ ; cioè  $x = 12$ . Col quale metodo si trova il valore dell'incognita  $x$ , che in altra maniera non potrebbe trovarsi. Queste operazioni si dicono, *Liberare l'incognita, e l'equazione dalle frazioni*.

325. Potremo inoltre *elevare a qualunque potenza*, o *estrarre* dall'uno, e l'altro membro considerati, come due sole quantità, *qualunque radice*. Perciò se fosse  $x = \sqrt{2}$ , farà elevando l'uno e l'altro a quadrato,  $x^2 = 2$ . Se fosse  $x^2 = 16$ , farà estraendola radice quadrata,  $x = 4$ . Questa operazione si chiama, *liberare l'equazione dalle potenze, e dalle radicali*. In essa non possiamo operare, come nella precedente, in cui moltiplicavamo, e dividevamo per la stessa lettera non solo i due membri, ma anche ciascun termine di essi, e veniva lo stesso; in questa possiamo operare solamente sopra i due membri interi, non sopra le loro parti.

326. Inoltre in qualunque Equazione *possiamo sostituire in uno o tutti due i membri un uguale, per un uguale*. Sia  $x = a + b$ , supponiamo, che  $a = 3$ ,  $b = 5$ , farà  $x = 8$ ; onde con ciò verremo in cognizione della quantità incognita  $x$ . Possiamo inoltre data un'Equazione *risolverla in proporzione, e vicendevolmente* in vigore del §. 314. Sia  $ax = bc$ ; farà ancora  $a : b :: c : x$ ; ovvero  $x : c :: b : a$ ; perchè in tutti questi casi il prodotto degli estremi, e de' mezzi sono sempre gli stessi. Quindi qualunque proporzione si può per lo contrario mutare in un'equazione.

327. Se a queste regole aggiungiamo la seguente, avremo tutto quasi l'artificio, di cui si servono gli Analisti per isciogliere i Problemi, e dimostrare i Teoremi matematici. Se abbiamo una ragione di due quan-

quantità, per esempio di  $a: t$ , *potremo moltiplicare, o dividere l'uno, e l'altro termine per la stessa, o per uguali quantità; potremo inoltre sostituire in vece d'esse un eguale, o pure un proporzionale, il che è proprio solamente delle ragioni, e non già delle equazioni.* Onde essendo  $a: t$ , resterà la stessa ragione ancora, se farò  $ac: tc$ , ovvero  $\frac{a}{t}: \frac{c}{t}$ ; ovvero essendo  $c=b$ ;  $ac: tb$ ;  $\frac{a}{t} = \frac{c}{t}$ , supponiamo inoltre, che  $t$  fosse direttamente come un'altra quantità  $s$ : essendo  $a: t$ , per ipotesi, e il  $t: s$ ; avremo ancora  $a: s$ ; lo che è proprio solamente delle *Ragioni*. L'uso di queste regole lo vedremo in tutta la Meccanica, nella quale ancora si comprenderanno meglio, che presentemente.

P R O P O S I Z I O N E VII.

*La Massa d'un corpo è come il prodotto del suo volume nella densità; ovvero come il suo peso.*

328. **L**A prima parte di questa proposizione è dimostrata nel §. 305., la seconda si dimostrerà parlando della gravità de' corpi. Si chiami la massa, o quantità materia di qualunque corpo  $q$ , il suo volume  $v$ , la densità  $d$ ; il peso  $p$ . Avremo §. 318.  $q = v d$ , e ancora  $q: v d$ ; di più sarà ancora  $q: p$ . Lo che dovea dimostrare.

329. Dunque §. 323.,  $\frac{q}{v} = d$ , ovvero  $\frac{q}{d} = v$ . Onde il volume d'un corpo è direttamente, come la sua massa, e reciprocamente, come la densità §. 319. e la densità de' corpi è in ragione diretta della massa, e inversa del volume; che sono due Teoremi meccanici di sommo uso per giudicare del volume, e della densità de' medesimi.

330. Quindi se restando la massa, voglio accrescere il suo volume, dovrò diminuire la densità; perchè  $q$  non variandosi si reputa sempre la stessa quantità, e perciò come unità; dipendendo tutta la mutazione dalla densità, e dal volume. Ciò apparisce in una palla di cera, o di piombo, quando vogliamo ingrandire la stessa palla, dobbiamo assottigliarla. Si vede ancora nell'acqua, che sciolta in vapori occupando maggior volume, ha meno densità, ed è più rara. Così ancora restando la stessa densità, se prendo doppio, o triplo volume, avrò due o tre volte più materia di prima. Ciò apertamente lo vediamo in tutt'i corpi omogenei, cioè quelli, che da per tutto sono ugualmente densi.

331. Essen-

331. Essendo  $q : p$  §. 328.; sarà ancora  $p : vd$  §. 327. Cioè il peso d'un corpo sarà come il suo volume, e la densità unitamente. Quindi anche  $\frac{1}{2} : v$ , e di più  $\frac{1}{3} : d$  §. 327.

332. Esaminando queste, e le precedenti ragioni, e proporzioni, si può facendo più supposizioni, come abbiamo accennato nel §. 330. ricavare infiniti teoremi, sopra i quali si fonda il discorso meccanico. Ma siccome la nostra mente è limitata, nè può ritenere, che un determinato numero di cose con buon ordine, cost dimostrato il teorema fondamentale, accenniamo solamente il modo di ricavarne degli altri; perchè ognuno poi secondo le occasioni, e la necessità possa, quando fa d'uopo dedurne le bisognevoli verità, che riguardano il moto de' corpi, per non errare nella maniera di spiegarne i fenomeni della natura.

333. La massa d'un corpo sia  $Q$ , il volume  $V$ ; la densità  $D$ ; il peso  $P$ ; d'un altro  $q, v, d, p$ . Essendo §. 328.  $Q : VD$ ;  $q : vd$ ; avremo ancora  $Q : q :: VD : vd$ . Fingiamo ora, che due corpi abbiano uguale densità, e perciò  $D = d$ , dividendo  $VD, vd$  per  $D, o$  per  $d$  §. 327., avremo  $Q : q :: V : v$ . Onde due corpi d'uguale densità, hanno le masse come i volumi. Ciò apparisce in tutt' i fluidi omogenei. Se  $V = v$ , sarà  $Q : q :: D : d$ . Due corpi d'equal volume hanno le masse come le densità. Fingiamo che  $Q = q$ , sarà anche  $VD = vd$ ; e perciò risolvendo quest'equazione in proporzione §. 326., avremo  $V : v :: d : D$ ; cioè due corpi di massa uguale hanno i loro volumi reciproci alle masse; e perciò se i volumi di due corpi si possono dimostrare in ragione inversa delle loro densità, avranno amendue uguale massa. Essendo  $Q : P$ ;  $q : p$  sostituendo §. 327. questi valori avremo  $P : p :: VD : vd$ ; e perciò una nuova serie di teoremi meccanici, secondo la particolare supposizione, che facciamo. Hanno qui i principianti da esercitarsi molto, e con somma facilità nell'Analisi, e nella Meccanica.

## C A P O V.

### *Del Moto semplice uniforme.*

334. **L**A velocità è un'energia §. 284., che si comunica a' corpi, per mezzo della quale descrivono uno spazio determinato in un tempo determinato; e perciò l'effetto di questa velocità, quan-

do è sempre la stessa nel corpo, come appunto ora l'esamineremo §. 300.; sarà lo spazio, che il corpo descrive, il quale quanto è maggiore; restando lo stesso tempo, tanto ancora più grande dovrà essere la celerità; e perciò sarà direttamente come lo spazio §. 315. Ma se il corpo in tempo minore debba descrivere lo stesso spazio, quanto più piccolo è il tempo, tanto maggiore dovrà essere la sua velocità; se all'incontro dovrà percorrere lo stesso spazio più tardi, non avrà bisogno di tanta celerità. Dunque la velocità seguirà la ragione inversa del tempo, che impiega il corpo a muoversi §. 316.

335. Quindi se due corpi descrivono spazj uguali in tempi uguali, avranno uguale velocità. Se il primo descriverà più spazio del secondo avrà più velocità d'esso; ma se descrivendo lo stesso spazio del secondo, c'impieghi più tempo, la sua celerità sarà minore; perchè questa, come abbiamo dimostrato, è in ragione inversa del tempo. Collo stesso metodo si troveranno molte altre verità, che concernono la velocità de' corpi.

336. La quantità del moto in qualsivoglia corpo non essendo altro, che la velocità diffusa per la materia del corpo, secondo che osservammo §. 287., ne segue, che per determinarla converrà aver riguardo alla massa, e celerità attuale de' corpi. Ondè maggiore sarà la materia d'un corpo, più grande ancora a proporzione sarà il suo moto; il quale crescerà inoltre a proporzione dell'energia, che gli diamo, o velocità impressa. Dunque se ad un corpo darò doppia velocità di prima, acquisterà doppio moto; e se accretterò del doppio ancora la massa, il suo moto sarà due volte due, cioè quattro volte maggiore del primo.

337. Ma la massa d'un corpo è proporzionale alla densità, e al volume dello stesso §. 305., dunque se in un corpo si aumenta la densità, crescerà il moto, e così ancora se s'accresce il volume. La quantità della materia, o il peso d'un corpo sia 3, d'un altro sia 4; abbia il primo velocità 2, il secondo 3; farà il moto del primo espresso per lo numero 6, del secondo per 12; onde il secondo avrà doppio moto del primo.

338. Applicando questi teoremi a' corpi, si trovano esattamente conformi all'esperienza. Contiene più materia una palla di piombo, che una uguale di legno; onde quantunque amendue ci vengano incontro con uguale velocità, maggiore impressione riceviamo dalla prima, che dalla seconda, perchè ha moto maggiore §. 336.

Una

Una palla di piombo gettata contro un legno non lo passa; se si mette in uno schioppo lo sbuca, perchè la polvere dandoci una considerabile velocità, accresce il suo moto, e perciò l'azione contro il legno.

339. Siano due caraffe della stessa grossezza, e in una ci sia dell'argento vivo, nell'altra dell'acqua; si scuotano amendue colla stessa forza, la prima si spezzerà, e non la seconda. Il Mercurio è più denso dell'acqua, onde ha più moto, e perciò urta il vetro della caraffa con maggior forza. Empire d'acqua un bicchiere, e un vaso assai grande di vetro della stessa grossezza; agitategli amendue colla stessa velocità, il vaso grande corre rischio di rompersi, non già il bicchiere; perchè dove è maggior volume, restando la stessa densità, quivi è maggior moto §. 337.

## C A P O VI.

*Moto semplice uniforme matematicamente.*

### PROPOSIZIONE VII.

*La Velocità è come lo Spazio diviso per lo tempo.*

340. **L**A celerità de' corpi è in ragione composta diretta dello spazio percorso, e inversa del tempo, in cui si descrive §. 334. Perciò se la celerità si chiami  $c$ , lo spazio  $s$ , il tempo  $t$ , avremo  $c = \frac{s}{t}$  §. 319. Come dovea; dimostrare.

341. Dunque  $s = ct$  §. 324. cioè lo spazio descritto da un corpo è come la velocità moltiplicata nel tempo. Così ancora farà  $t = \frac{s}{c}$ , §. 324., ovvero il tempo direttamente come lo spazio, e inversamente come la velocità.

342. Siano due uomini, e il primo faccia 6. miglia in un'ora; l'altro 6. in due ore, la velocità del primo farà  $\frac{6}{1} = 6.$ ; del secondo  $\frac{6}{2} = 3.$ ; perciò il primo avrà doppia velocità del secondo. Un altro corra 4. miglia in una mezza ora; e il secondo 6. miglia in 3. ore ovvero 6. mezza ore. Per poter paragonare questo tempo col primo dobbiamo ridurre l'ora in mezza. La celerità del primo farà  $\frac{4}{\frac{1}{2}} = 8.$ ; del secondo  $\frac{6}{3} = 2.$ ; perciò il primo è quattro volte più veloce del secondo.

343. La celerità d'un corpo qualunque sia chiamiamola  $C$ , lo spazio  $S$ , il tempo  $T$ ; d'un altro corpo  $c, s, t$ . Abbiamo  $C = \frac{S}{T}$ ,

## 132 CAPO VI. MOTO SEMPLICE

§. 340. ;  $c = \frac{1}{2}$ ; e perciò  $C : c :: (S : T) : \frac{1}{2}$ ; Supponiamo, che amen- due descrivano uguali spazj, sarà  $C : c :: (1 : T) : \frac{1}{2}$ ; concependo i due ultimi termini divisi per S, ovvero s; essendo per ipotesi  $S = s$ . Onde abbiamo un teorema: Se due corpi fanno la stessa strada, le loro velocità sono reciproche a' tempi. Supponiamo che gli spazj siano diversi, e nel tempo stesso si muovano. Essendo  $T = t$ , moltiplicando i due ultimi termini per T, avremo  $C : c : S : s$ . Quando due corpi nel tempo stesso si muovono, le velocità sono come gli spazj descritti, in tempo uguale.

344. Quindi rivoltandosi una rota sopra un piano, le parti, che sono alla circonferenza, sono più veloci di quelle verso il centro, descrivendo un cerchio maggiore; e l'uomo, che cammina sopra la gran palla della terra, ha più velocità nel capo, che ne' piedi. Se intorno un asse girerà un vetro ovale, le parti di mezzo descrivendo un maggior cerchio, avranno più velocità, che le laterali.

345. Supponiamo ora, che  $C = c$ , sarà ancora  $S : T = \frac{1}{2}$  e togliendo le frazioni §. 324.;  $S t = T s$ ; e risolvendo in proporzione §. 326.;  $S : s :: T : t$ . Cioè se due corpi mossi con moto uniforme hanno velocità uguale, gli spazj, che descrivono sono come i tempi; e se gli spazj saranno come i tempi, avranno uguali celerità. Per mezzo di questo secondo teorema scorgiamo facilmente, quando due corpi hanno la stessa celerità, guardando la proporzione, che passa tra gli spazj, che descrivono, e i tempi, che impiegano a descriverli.

346. Quello che per mezzo dell'Analisi abbiamo dimostrato in Meccanica, può farsi ancora per mezzo delle linee geometriche, e delle figure. Essendo §. 341.;  $s = c t$ , supponendo s moltiplicata per 1., sciogliendo in proporzione l'equazione data, avremo  $t : s :: 1 : c$ . Per esprimere con questa proporzione il valore della velocità in linee. Essendo data la relazione, che passa tra 'l tempo, e lo spazio si faccia  $t : s :: AB : BC$ . Quindi presa AD arbitrariamente, si applichi in A a qualunque angolo DAB. Uniti i punti BD, e prolungata AD indefinitamente, dal punto C si tiri CE parallela a BD, la quale taglierà AD prolungata, in E; dico che DE esprimerà la celerità del corpo. Perchè *Cor. Prop. 4. lib. 6. d'Euclide del Tacquet colle note di Wiston*  $AB : BC :: AD : DE$ ; cioè per la costruzione  $t : s :: AD : DE$ . Con questo metodo possiamo esprimere qualunque quoziente d'un numero diviso per un altro; giacchè  $c = \frac{1}{2}$  è stato espresso per mezzo della linea DE. Supponiamo  $t : s :: 1 : 4$ . Presa AB d'arbitraria lunghez-

za, si faccia  $BC = 4 \cdot AB$ . Quindi presa  $AD = 6 \cdot AB$ , o quantesivoglia  $AB$ , che poco importa, avremo  $DE$ , misurandola con l'unità  $AD$ , o coll'unità dell'unità  $AB$ .

347. Essendo  $s = ct$ ; se vorremo esprimere geometricamente lo spazio, basterà prendere  $BA = t$ , e applicarci ad angolo retto  $BC = c$ ; supponiamo, che  $t : c :: 3 : 2$ , dovrà essere  $AB : BC :: 3 : 2$ . Tav. 1.  
Fig. 6. Il rettangolo  $ABCD$  esprimerà lo spazio descritto dal corpo. Quindi abbiamo un teorema geometrico meccanico. Nel moto equabile; *lo spazio viene espresso per un rettangolo*. Risolvendo in proporzione l'equazione avremo  $t : c :: t : s$ . Presa  $AB$  arbitrariamente come unità,  $BC$  esprima la velocità, e la  $AD$  il tempo, che già si suppongono noti; tirata la  $BD$ , si operi come sopra. La linea  $DE$  esprimerà lo spazio. Quindi ricaviamo, che lo spazio quantunque sia il prodotto della velocità nel tempo; ciò non ostante si può esprimere con una sola linea geometrica. Tav. 1.  
Fig. 7.

348. Lo stesso si può applicare alla Prop. 7. intorno alla massa d'un corpo, e per mezzo delle proprietà, che dimostrano i geometri delle superficie, e linee geometriche, ricavare le verità spettanti al moto de' corpi; non però colla stessa facilità, come abbiamo osservato farsi per mezzo dell'Analisi. Utile ciò non ostante è il metodo geometrico, e necessario ancora, come vedremo in appresso, in molti casi meccanici.

349. Perciò stimiamo opportuno l'osservare, che nel rettangolo  $ABCD$ , le linee  $BC$ ,  $AD$ , e tutte ad esse parallele si chiamano da Geometri *Ordinate* della figura; le linee  $CD$ ,  $BA$ , e tutte le loro parallele, e porzioni si chiamano *Ascisse*. Ora quella figura geometrica, in cui le ordinate esprimono le velocità, le ascisse i tempi, si dice *Piano della velocità*. Se le ordinate esprimono le velocità, le ascisse gli spazj descritti dal corpo, allora la figura geometrica, che ne nasce, si chiama *Scala della velocità*. In una parola se lo spazio, la Velocità, e la Massa s'esprimono per le ordinate; e l'ascisse rappresentino i tempi; la figura geometrica, che ne nasce, si chiama sempre *Piano* di quello, che è espresso per l'ordinate. Ma se l'ascisse esprimono gli spazj; allora si chiamerà *Scala* di quello, che dalle ordinate vien espresso. Onde se  $BC$  significa lo spazio,  $BA$  il tempo, la figura si dirà *Piano degli spazj*; se  $BC$  esprime il tempo,  $BA$  lo spazio; la figura viene chiamata *Scala de' tempi*. Tav. 1.  
Fig. 6.

PRO-

## PROPOSIZIONE IX.

*Il moto d'un corpo è come il prodotto della massa nella sua velocità.*

350. **L**A quantità del moto è proporzionale alla massa, e velocità del corpo §. 336., dunque se il moto si dica  $m$ , la quantità di materia  $q$ , la celerità  $c$ ; sarà §. 318.,  $m = qc$ . Come dovea dimostrare.

351. Onde avremo  $q = \frac{m}{c}$ ; ovvero la massa di qualunque corpo si determina dividendo il suo moto per la celerità, che ha; essendo direttamente come il moto, e inversamente come la celerità. Quindi ancora  $c = \frac{m}{q}$ . Cioè la velocità d'un corpo è direttamente come il suo moto, e inversamente come la massa. Perciò quanto maggiore materia contiene un corpo, con tanto minor velocità si muoverà, quanto minore materia, tanto andrà più veloce.

352. Naturale è, che lo stesso grado di velocità comunicato a due corpi disuguali in massa, faccia andar più veloce il più piccolo, che il maggiore. Perché la stessa energia dovendo trasportare una massa più piccola per lo stesso spazio, lo farà più presto, che se la massa fosse maggiore. Quindi se un corpo si diminuisce nella materia, che ha, la sua velocità sempre s'accrescerà; di modo che diminuendolo in infinito, la velocità diventerà infinita; non considerata in se stessa, perchè non si muta per ipotesi, ma considerata relativamente alla materia del corpo. Perciò quanto più piccole sono le parti de' corpi, tanto più atte sono a muoversi, detratta ogni esteriore resistenza.

353. Nell'equazione del teorema possiamo in vece di  $q$  metterci  $p$  §. 327., 328., avremo nuovi teoremi. Cioè sarà  $m = pc$ ;  $c = \frac{m}{p}$ ;  $p = \frac{m}{c}$ . Il moto d'un corpo, è come il peso moltiplicato nella celerità. Questa è direttamente come il moto, e inversamente come il peso del corpo. Il peso è direttamente come il moto, e inversamente come la velocità.

354. Si metta ancora invece di  $q$ , la quantità  $vd$ , §. 328. avremo ancora  $m = vdc$ . Onde  $\frac{m}{v} = dc$ ;  $c = \frac{m}{vd}$ ;  $d = \frac{m}{vc}$ .

355. In vece di  $c$  possiamo sostituire §. 326. 340. avremo una nuova serie di teoremi  $m = \frac{m}{c}$ ,  $m = \frac{m}{c}$ ;  $m = \frac{m}{c}$ . Sopra le quali tre equazioni si fanno molte mutazioni, e si paragonano in molti modi.

356. Sia-

356. Siano ora due corpi e il moto del primo sia  $M$ , la celerità,  $C$ , la quantità della materia  $Q$ ; così ancora nel secondo siano  $m, c, q$ ; avremo  $M = QC$ ;  $m = qc$ . Onde  $M : m :: QC : qc$  Supponiamo  $Q = q$ , sarà  $M : m :: C : c$  §. 327. Se due corpi uguali di massa si muovono, i loro moti sono come le velocità. Ma se fosse  $C = c$ ; avremmo  $M : m :: Q : q$ , e perciò due corpi, che vanno colla stessa velocità, hanno i moti proporzionali alle loro masse. Se fosse  $M = m$ ; sarà ancora  $QC = qc$ ; e perciò §. 326.  $Q : q :: c : C$ . Due corpi, che si muovono con moto uguale, hanno le masse reciproche alle velocità; e se queste sono reciproche alle masse, è segno che hanno ugual moto. Ciò è quello che abbiamo supposto ne' §. 279. 280.

357. In vigore de' §. 353. 354. 355. si sostituisca in vece di  $Q, P$ , ovvero  $DU$ ; in vece di  $C (S : T)$ , potremo ricavare molti altri utili teoremi. Per esempio, se in vece di  $C$  si ponga  $(S : T)$ , e di  $c, \frac{1}{t}$ , avremo  $M : m :: (QS : T) : \frac{1}{t}$ ; supponiamo che  $M = m, T = t$  sarà  $QS = qs$ ; onde  $Q : q :: s : S$ , ovvero  $P : p :: s : S$ , e perciò se due corpi hanno ugual moto, e nel tempo stesso si muovono, le loro masse, o i pesi sono reciproci agli spazj, che descrivono; e se quelli sono in ragione inversa degli spazj, e si muovono nello stesso tempo, avranno moto uguale; come fu da noi supposto nel §. 273.

358. Questi teoremi della quantità del moto equabile possiamo inoltre esprimerli con linee, e figure geometriche, per mezzo della Figura 6. 7. Tav. 1.; come abbiamo fatto nella velocità uniforme, al §. 346. e ne' seguenti. Dunque il moto uniforme de' corpi s'esprimerà per lo rettangolo della massa, o del peso nella velocità.

## C A P O V I I.

### *Del Moto semplice variabile.*

359. **F** In ora abbiamo considerato il Moto de' corpi, quando la velocità, o energia comunicata loro, resta sempre la stessa in tutto il tempo, che si muovono. Ora passiamo ad esaminare il moto d'alcuni corpi, ne' quali la velocità continuamente s'accresce o diminuisce per qualche causa, che è dentro, o fuori del corpo, che si muove. A cagione delle forze inerenti a' corpi, come è la gravità, l'elaterio ec. §. 202., e dell'aria, nella quale si fanno tutt'i moti, e d'altre cause, che fanno resistenza; se vogliamo parlare matematicamente

camente, non si dà alcun moto semplice, ma tutti sono o continuamente accelerati, o ritardati. Quindi si vede la necessità di parlare di questa seconda specie di moto semplice. Quando però vogliamo discorrere fisicamente, o per riguardo de' nostri sensi, molti sono i moti uniformi che troviamo; perchè la resistenza, che fanno i mezzi, ne quali si muovono i corpi sovente da' nostri sensi non può essere distinta; o pure è tanta quanta è l'accelerazione, che ricevono i corpi in moto dalle loro forze interiori; onde è che in quel moto non si darà alcun acceleramento, o ritardazione.

360. Non è così agevole trattare il moto variabile, come il costante. La forza, che varia il moto nel corpo può operare in molte maniere, dandole, o levandole una velocità proporzionale al tempo, in cui si muove il corpo, o proporzionale allo spazio, che descrive, o a qualunque potenza del tempo, o dello spazio. La variazione della velocità può inoltre essere proporzionale alla materia del corpo stesso; o seguire qualunque altra ragione. Dalla molteplicità di questi casi nasce la principale difficoltà, che s'incontra nel concepire il movimento de' corpi, che si muta ogni momento. Noi perciò ci restringeremo in questo capo a fare alcune considerazioni sopra il moto uniformemente variabile §. 301. giacchè questo ha luogo in tutt'i corpi, quando esaminiamo il moto, che viene prodotto dalla loro gravità. Quando un corpo grave cade da qualche altezza, accelera il suo moto in proporzione del tempo, che impiega a cadere, come dimostreremo colla sperienza parlando della gravità de' corpi.

361. Quando la celerità d'un corpo cresce, qualunque sia questo accrescimento, il primo che riceve il corpo si chiama da' Fisici comunemente *Grado di velocità*. L'assoluta quantità di esso, è a noi, come di tutte l'altre cose, perfettamente incognita §. 115. Onde la sua natura la conosciamo paragonandolo cogli altri gradi, che il corpo riceve successivamente.

362. Nel moto uniformemente accelerato, o ritardato, la velocità deve crescere, o diminuirsi a proporzione del tempo; perciò in doppio tempo il corpo acquisterà, o perderà due volte più velocità, che in un solo tempo; in tempo quadruplo, il suo aumento, o diminuzione farà quadrupla, &c. Dunque se in un minuto di tempo con un grado di velocità dato descrivesse il corpo un piede di spazio; e perciò restando in esso lo stesso grado, in due minuti facesse due piedi; se supponiamo, che nel secondo minuto s'aggiunga al corpo un nuovo grado

do di celerità, in vece di fare due piedi, ne camminerà 4, in due minuti di tempo. Onde siccome non crescendo la velocità nel corpo, che si muove, gli spazj, che descrive, farebbero proporzionali al tempo, che impiega a muoversi; così crescendo in esso la velocità come il tempo; faranno gli spazj da esso descritti proporzionali al tempo insieme, e alla velocità, che acquista; o pure al tempo considerato due volte, o alla velocità considerata due volte.

363. Dal che si ricava, che gli spazj percorsi da un corpo col moto uniformemente accelerato sono come il tempo nel tempo o come le velocità nella velocità. Ma il prodotto d'un numero in se stesso, si chiama quadrato; dunque *gli spazj con moto equabilmente accelerato descritti sono come i quadrati del tempo, ovvero della celerità, che ha il corpo.*

364. Essendo il moto de' gravi cadenti da un' altezza uniformemente accelerato, se per mezzo dell'esperienza sapremo quanti piedi descriva un sasso cadendo in un minuto secondo; potremo con questo teorema fondamentale determinare gli altri spazj tutti, che percorrerà in due, tre minuti ec. Supponiamo, che da alto cadendo una pietra faccia in un minuto secondo di tempo 15. piedi parigini; in due minuti dovrà per l'antecedente paragrafo descrivere quattro volte tanto, o piedi 60.; in tre minuti, nove volte tanto; o piedi 135.

365. Se noi contempleremo i numeri, che esprimono gli spazj descritti in più tempi, posta questa legge d'accelerazione potranno ricavarli altre proprietà del moto uniformemente accelerato. Per esempio essendo 60. piedi, lo spazio percorso in due minuti, se da questo numero leveremo i piedi 15. del primo minuto, farà il corpo nel solo secondo minuto piedi 45.; così ancora da 135. piedi levando i 60. fatti ne' due primi minuti, resteranno per lo terzo minuto piedi 75. Onde il corpo cadente se nel primo tempo fa piedi 15., nel secondo ne farà 45. nel terzo 75. Ma questi tre numeri sono tra loro come questi altri 1, 3, 5, che si chiamano *numeri in serie dispari naturale*; dunque *gli spazj da un grave descritti in ciascun tempo sono come la serie naturale de' numeri dispari 1, 3, 5, 7, 9, 11. ec.*

## C A P O   V I I I .

*Moto semplice variabile matematicamente.*

366. **Q**Uando si cangia la velocità d' un corpo, per formare idea di questa mutazione, e delle particolari leggi alle quali è soggetta §. 361., dobbiamo necessariamente ricorrere a' minimi cangiamenti, che riceve in un tempo infinitesimo. Conosciuta la relazione, che passa tra questi minimi elementi della celerità, non è difficile il far passaggio a contemplare l'intera velocità, che nasce dall'aggregato di queste infinitesime variazioni. Onde quà è di necessità richiamare a memoria ciò, che nel §. 56., e seguenti, e nel §. 94. e seguenti abbiamo dimostrato delle parti infinitesime della materia.

367. Per maneggiare comodamente qualunque specie d'infinitesime il Leibniz, e il NeWton trovarono quasi contemporaneamente una maniera particolare d'esprimerle, e di computarle. Per esprimere il NeWton l'elemento infinitesimo della celerità se questa si chiamerà  $c$ , mette sopra la lettera un punto; onde  $\dot{c}$  significa l'elemento di  $c$ . Così ancora significando lo spazio, farà  $\dot{s}$  il suo minimo elemento, e ancora  $\ddot{s}$  si dirà l'elemento del tempo. Ma siccome facilmente gli Stampatori si dimenticano un punto, così è più sicuro il modo inventato dal Leibniz:

368. Esprime quest' Autore qualunque minimo elemento, col mettere avanti la quantità, la lettera  $d$ . Onde  $dc$ ,  $ds$ ,  $dt$  significa gli elementi della velocità, dello spazio, e del tempo. E siccome il Newton li chiama *flussioni*, o *quantità fluenti*; perchè concepisce, che le quantità finite nell'accrescersi, o diminuirsi scorrano, o pure si muovano; così il Leibniz li dice *Differenze* §. 62. Ora il trattato di queste infinitesime forma la seconda parte dell'Algebra, che comunemente dicono *Analisi degl'Infiniti*.

369. Questa specie d'Analisi è appoggiata su due Computi, o *Calcoli*. Il primo detto *Calcolo differenziale*, insegna, data qualunque quantità trovare il suo minimo elemento, o differenza. Il secondo è il *Calcolo integrale*, per mezzo del quale data una differenza, si trova la quantità di cui è elemento. Ciò si fa sommando §. 96. tutt'i dati elementi. Per esprimere la loro somma sogliono prefiggere alla differenza questa lettera  $f$ .

370. Lo stesso discorso, che si fa delle quantità finite relativamente alle infinitefinite loro prime, si può fare di queste relativamente alle infinitefime, delle quali si possono concepire composte §. 61. 97. In questo caso l'infinitefima prima relativamente al suo elemento sarà infinita, e questo paragonato colla prima quantità finita vien detto *infinitefimo secondo*. Lo stesso si può applicare agl'*infinitefimi terzi, quarti ec.* senz' alcun limite, come abbiamo dimostrato della quantità estesa Sez. 2. Cap. 1. 2. Ora siccome il Leibniz la differenza prima di  $c$  l'esprime per  $dc$ , così la seconda per  $ddc$ , ovvero  $d^2c$  §. 311.; la differenza terza per  $d^3c$  ec.

371. Non è nostro istituto il dar regole per le due specie di calcoli degl' infiniti; ne toccheremo alcune le più necessarie per la Fisica. Per trovare la differenza d'una o più quantità sommate, o sottratte basta premettere a ciascuna lettera il  $d$ . Onde la differenza di  $c$  sarà  $dc$ , di  $s$ , sarà  $ds$ ; di  $c + t$ , sarà  $dc + dt$ ; di  $c - s$ , sarà  $dc - ds$ , e così dell' altre. La lettera  $d$  sempre accompagnar deve quella, a cui è prefissa; nè si può staccare da essa, se non quando la lettera stessa è distrutta da un' eguale a lei, o viene ad essere integrata.

372. Per determinare la differenza, o elemento di due, o più lettere moltiplicate, si moltiplichino la differenza di ciascuna per le altre, e si sommino questi prodotti. Onde la differenza di  $ct$ , sarà  $cdt + tdc$ ; di  $cs$ , sarà  $csd + sdc$ . La differenza di  $c^2$ , ovvero  $cc$ , sarà  $cdc + cdc = 2cdc$ . Da quest' ultimo differenziale ricaviamo una regola particolare per differenziare le lettere elevate a potenza. L' esponente della lettera si moltiplichi nel coefficiente della stessa, e si scriva questa elevata alla stessa potenza meno uno, quindi scrivasì il differenziale della lettera semplice. Perciò la differenza di  $c^2$  sarà  $2c^1 dc$ ; la differenza di  $x^n = nx^{n-1} dx$ .

373. Di qua si deduce il metodo di trovare la differenza delle quantità radicali. Sia  $\sqrt{a^2}$ , si cavi la radice, che è §. 311.  $a^{\frac{1}{2}}$ ; quindi per la regola precedente si differenzj, e farà  $\frac{1}{2} a^{-\frac{1}{2}} da$ , la differenza di  $\sqrt{a^2}$ , essendo  $\sqrt{a^2} = a^{\frac{1}{2}} = a^2$ , farà  $2ada$ .

374. Per differenziare due quantità, che si dividono, o le frazioni. Primo si moltiplichino la differenza del dividendo per lo divisore, e la differenza del divisore nel dividendo. Secondo dal primo prodotto si toli il secondo; e questo resto divida si per lo quadrato del divisore. Onde la differenza di  $\frac{a}{b}$  farà  $\frac{ada - bdb}{b^2}$ . Quella di  $\frac{a}{c}$  farà  $\frac{ada - cdc}{c^2}$  ec. Ma se la quantità, di cui deve trovarsi la differenza sarà costante, al-

lora questa differenza farà uguale a zero. Perciò se una quantità espressa per  $t$  fosse costante; esprimesse per esempio il diametro d' un cerchio determinato, allora farà  $dt = 0$ .

375. Date le regole del calcolo differenziale, dovremmo in breve esporre quelle dell' integrale, ma ciò non è possibile. Come è facile data qualunque quantità differenziarla; così non sempre è facile data una differenza, trovare la somma di essa, o quella quantità finita, di cui è differenza. Lo stesso accade ne' numeri; è agevole dato qualsiasi numero elevarlo a qualunque potenza; ma dato qualunque numero estrarne la radice non è così facile, e il più delle volte non si può, che per approssimazione.

376. Fratanto dalle regole date non farà difficile ricavare, che l' integrale, o la somma infinita di  $dc$  deve essere  $c$ ; onde  $\int dc = c$ . Così ancora l' integrale di  $cdt + tdc$  farà  $ct$ ; quello di  $zcdc$ , farà  $c^2$ , e così delle altre facili integrazioni, le quali non sorpasseremo nella Fisica per maggiore facilità de' principianti.

377. Posti alcuni preliminari nell' Analisi degl' infiniti, non farà ora difficile il farne l' applicazione al moto variabile. In questo la velocità continuamente s' accresce, o diminuisce per qualche causa, che dà continuamente una nuova energia al corpo. Tale accrescimento, e lo stesso deve dirsi della diminuzione, se lo consideriamo in uno spazio, e tempo infinitesimi si può sicuramente trascurare, perchè essendo una quantità infinitesima, o inassegnabile §. 62. di tale natura farà ancora l' errore, che si commette nel lasciarlo. Ma un errore di natura propria inassegnabile, o minore di qualunque assegnabile, non è errore; dunque l' accrescimento, che riceve la velocità in uno spazio, e tempo infinitesimi si potrà sicuramente trascurare. Perciò *la velocità variabile se considerasi in uno spazio, e tempo infinitamente piccioli, si può riputare uniforme.*

378. La velocità, che ha un corpo considerata in uno spazio, e tempo infinitesimi, sempre è finita, perchè è espressa per lo spazio diviso dal tempo, cioè per  $\frac{d}{t}$ ; ma questo è un quoziente finito §. 60.; dunque la velocità farà finita. Non così però deve dirsi dell' accrescimento, che riceve, il quale viene espresso per  $dc$ ; perchè quantunque questo faccia percorrere al corpo lo spazio  $d$ , nel tempo  $t$ ; e perciò  $dc = d$ ;  $d$ , cioè sia in se stesso una quantità finita anche esso; ciò non ostante rispetto alla  $c$ , è infinitesimo, o inassegnabile, come abbiamo supposto nel §. antecedente. Queste considerazioni, colle

colle quali ogni moto variabile si riduce facilmente a uniforme, le dobbiamo a Pietro Varignon nato a Caen in Francia nel 1654. e morto a Parigi nel 1722.; come apparisce nelle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze in Parigi all'anno 1700. e nella storia allo stesso anno premissa da Bernardo de Fontanelle perpetuo Segretario della suddetta. Dal fin qui detto si raccoglie, che la celerità in uno spazio e tempo infinitesimi, benchè sia  $c + dc$ ; non ostante si reputa  $c$ . Nel secondo momento di tempo sarà  $c + 2dc + d^2$ , ricevendo un grado d'accrescimento uguale al  $dc$ , e di più un altro accrescimento infinitesimo rispetto al primo, e perciò espresso per  $d^2$ ; la quale quantità non s'aggiugnerebbe, se la velocità fosse come il tempo, allora essa nel secondo momento s'esprimerebbe solamente per  $c + 2dc$ .

PROPOSIZIONE X.

*La velocità variabile considerata in uno spazio, e tempo infinitesimi, è come lo stesso spazio diviso per lo tempo.*

379. **L**A velocità variabile così considerata, si può riputare uniforme §. 377.; ed è finita §. 378., onde chiamandola  $c$ , il suo accrescimento  $dc$  lo trascureremo, perciò sarà  $c = \frac{s}{t}$  §. 340. come dovea dimostrare.

380. Dunque  $cdt = ds$ , e ancora  $dt = \frac{ds}{c}$ ; cioè l'elemento dello spazio è uguale alla velocità moltiplicata nell'elemento del tempo; e di più questo è uguale all'elemento dello spazio diviso per la velocità. Possiamo inoltre paragonare insieme le celerità di due corpi, e nuovi teoremi ricaveremo.

381. Ma il fermarsi in generale su queste equazioni differenziali, sarebbe un perdere inutilmente il tempo; perciò è necessario applicare a' casi particolari; ovvero a qualche particolare legge d'accelerazione.

382. Esaminiamo l'ipotesi, che fa Galileo intorno l'accelerazione, che ricevono i corpi dalla gravità, quando cadono da qualche altezza; la quale ha realmente luogo in essi, come dimostreremo in appresso. La celerità, che acquistano in cadere è sempre in tale ipotesi proporzionale al tempo, che impiegano a discendere. Dunque sarà  $c : t$ , e perciò  $dc : dt$ .

383. So-

383. Sostituiamo nel §. 380. quello valore avremo  $cde ds$ , ovvero  $cdt: ds$ . Integrando amendue le ragioni §. 372., avremo  $c^2: s, \frac{1}{2}t^2: s$ ; e ancora  $\frac{1}{2}ct: s$ . Quindi nasce un *Teorema*; nel moto equabilmente accelerato gli spazj descritti da un corpo sono come i quadrati delle celerità, o de' tempi; perchè la stessa ragione hanno tra loro i quadrati, che le loro metà. Ma se il moto fosse equabile, §. 341. lo spazio  $s$  si esprimerebbe per  $ct$ ; dunque lo spazio descritto con velocità equabile; è doppio di quello, che fa il corpo con velocità uniformemente accelerata. Onde se il corpo grave avesse sul principio del moto avuto quella celerità, che ha acquistato in cadere, e questa sempre costante, avrebbe nel tempo stesso percorso doppio spazio, o altezza.

384. Essendo  $\frac{1}{2}ct: s$ , farà ancora  $c: (s: \frac{1}{2}t)$ , e perciò la celerità in questa ipotesi è come lo spazio diviso per la metà del tempo; ovvero  $c: \frac{s}{t}$ ; cioè la velocità come il doppio spazio diviso dal tempo.

385. Inoltre  $s: c^2, s: t^2$ ; dunque ancora sarà  $\sqrt{s}: c; \sqrt{s}: t$ ; onde abbiamo, che la velocità, e il tempo sono come le radici quadrate de' spazj descritti. Questo può servire di *Teorema fondamentale* per determinare ne' moti uniformemente accelerati, la velocità del corpo.

386. Quindi se la velocità d'un corpo si dica  $C$ , lo spazio  $dS$ , il tempo piccolo  $dT$ ; e del secondo  $c, ds, dt$ ; avremo  $CdC: cdc:: dS: ds$ , e ancora  $TdT: tdt:: dS: ds$ ; e perciò  $C^2: c^2$ , ovvero  $T^2: t^2:: S: s$  ec. Col qual metodo paragoneremo due corpi, che si muovono con moto equabilmente accelerato.

387. È molto a proposito; anzi il più delle volte necessario trattare geometricamente il moto variabile. Bene spesso non possiamo trovare l'integrale di qualche quantità senza esprimerlo per mezzo di linee, e specialmente di linee curve, che rappresentano esattamente qualunque legge d'accelerazione ci fingiamo. Accade qua lo stesso, che nella Geometria comune; alcune quantità bene spesso non possiamo esprimerle con numeri, e in questo caso §. 74. ci serviamo delle linee dette incommensurabili.

388. La linea  $AE$ , che si chiama *Ascissa*, o *Asse* esprima il tempo impiegato dal corpo nel muoversi con celerità mutabile. La velocità, che ha dopo il tempo  $AP$  qualunque sia, potrà esprimersi con una linea, e questa sia  $MP$ . Crescendo queste celerità dovranno sempre le ordinate parallele ad  $MP$  essere maggiori; onde le loro estre-

Tav. 1.  
Fig. 8.

estremità  $M, m, S$  formeranno qualche linea curva, o retta secondo l'ipotesi, che facciamo. La Linea  $AMmS$  si chiama *Luogo delle velocità*.  $AP$  esprima il tempo, e perciò sia eguale  $t$ . Si prenda il suo elemento, che sia  $Pp$ ; avremo  $Pp = dt$ . Tirata  $pm$ , infinitamente vicina a  $PM$ ; e calata la perpendicolare  $MG$ , essendo  $Gp = MP$ , se questa si chiami  $c$ , sarà  $mG = dc$ . La porzione  $Mm$  quantunque fosse d'una curva, sarà però linea retta §. 84. potendosi ogni curva come il cerchio concepire come un Poligono di lati infiniti rettilinei; ed essendo  $mp$  infinitamente vicina ad  $MP$ . Dunque il triangolo  $mGM = \frac{1}{2} c dt$ , perchè  $mG = dc$ ,  $GM = Pp = dt$ .  $S$  esprime cioè per due differenziali primi insieme moltiplicati; onde §. 97. sarà un infinitesimo di seconda ordine. Il rettangolo  $MGpP$  s'esprimerà per  $cdt$ , e questo sarà uguale allo spazio descritto nel tempo  $dt$  §. 380. 341.; perchè lo spazio dovrebbe essere espresso col trapezio  $PMmp$ ; ma per essere  $mGM$  infinitesimo secondo, è una quantità da non curarsi §. 370. 377. rispetto all'infinitesimo  $cdt$ , ovvero  $MGpP$ . Si concepisca ora tutta  $PA$  divisa ne' suoi infinitesimi elementi, che tutti saranno uguali alla  $Pp$ , e infiniti di numero; non curando i triangoli simili ad  $mGM$ , avremo un'infinita serie di rettangoli decrescenti tutti simili ad  $MGpP$ , i quali uniti insieme ne daranno l'area finita  $mpA$ . Trascurando tutti gl'infiniti triangoli decrescenti simili ad  $mGM$ , trascuriamo solamente un infinitesimo primo; perchè essendo tutt'infinitesimi secondi, la loro somma infinita non può dare che un infinitesimo primo §. 97. Onde  $\int c dt = mpA$ . Collo stesso metodo se  $ES$  esprima la velocità; e perciò sia  $c$ , ed  $EA$  il tempo  $t$ ; avremo  $\int c dt = SEA$ . Ma l'area  $SEA$  si chiama §. 349. il Piano della velocità; dunque abbiamo un Teorema fondamentale per tutt' i moti variabili. *Lo spazio descritto da un corpo con moto qualunque variabile, è come il piano della sua velocità.*

389. Sia ora l'ipotesi di Galileo; in questa abbiamo  $c \propto t$ ; e perciò facendo  $ES = C$ ,  $EA = T$ ;  $PM = c$ ;  $PA = t$  avremo  $C : T :: c : t$ ; ovvero,  $ES : EA :: PM : PA$ ; e perciò essendo  $PM$ , e tutte l'altre ordinate parallele ad  $ES$  proporzionali alle ascisse corrispondenti, avremo la nota proprietà de' triangoli rettilinei, che sono simili tra loro. Perciò in tal caso la linea  $AMmS$ , che termina tutte le velocità, che ha il corpo ogni momento, s'esprimerà per la linea retta  $AzS$ ; la quale sarà una linea retta solamente, perchè ancora  $AP$ ,  $AE$  per la costruzione sono una sola linea retta.

## 144 CAPO VIII. MOTO SEMPLICE

390. Quindi nel moto uniformemente accelerato, lo spazio descritto da un corpo s'esprimerà per un triangolo, essendo §. 388. lo spazio, come il piano della velocità.

Tav. 1.  
Fig. 9.

391. Gli spazj essendo espressi per triangoli simili, ciò che si dimostra essi da Geometri, potrà applicarsi ancora al moto equabilmente accelerato. E in primo luogo essendo ALS la metà del rettangolo AaSL; se il corpo cadente sul principio dello scendere, cioè in A avesse avuta la velocità LS acquistata nel fine, ovvero la velocità Aa, avrebbe descritto uno spazio espresso dal rettangolo AaSL, e perciò doppio di quello, che colla velocità crescente ha descritto.

392. In secondo luogo essendo  $CBA : DFA :: AB^2 : FA^2$ ; ovvero come  $BC^2 : FD^2$  Euclide *lib. 6. prop. 19.* Gli spazj percorsi con questa specie di moto faranno tra loro come i quadrati de' tempi, o delle velocità.

393. Quindi le velocità, e i tempi faranno come le radici quadrate degli spazj descritti da' gravi cadenti; perchè se quattro superficie sono tra loro proporzionali; avranno ancora qualche proporzione i loro lati.

394. In terzo luogo si divida la linea AL, che rappresenta il tempo in 4 parti uguali AB, BF, FH, HL, lo spazio descritto nel tempo AB, se da principio avesse avuto la velocità AV=BC, farebbe AVCB, doppio di ACB §. 390. 391., che realmente descrive. Nel secondo momento di tempo BF uguale al primo, descriverà colla velocità acquistata BC, lo spazio espresso dal rettangolo BCEF=BAVC, e perciò doppio del primo spazio BCA. Ma in questo secondo tempo acquista secondo l'ipotesi un grado di velocità ED, uguale al primo BC; dunque colla velocità nuova percorrerà un altro spazio DEC uguale al primo CBA. Perciò nel secondo tempo BF colla celerità acquistata, e con quella, che acquista descriverà uno spazio espresso dal Trapezio BCDF; ma questo è composto di tre triangoli DEC, ECB, EBF; uguali ciascuno al primo CBA; dunque nel secondo tempo uguale al primo percorrerà il corpo tre volte più spazio del primo. Collo stesso metodo troveremo, che nel terzo momento FH descriverà 5 volte più spazio, nel quarto HL, 7 volte più spazio ec. Onde gli spazj percorsi col moto uniformemente accelerato faranno in ciascun tempo uguale come i numeri dispari 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 ec.

395. Sogliono alcuni tirando a BC infinite parallele come ml, che

che esprimono le velocità successivamente acquistate dal corpo in ciascun tempo infinitesimo, dimostrare ciò che noi nel §. 389. abbiamo provato, che lo spazio deve esprimersi nel primo tempo finito AB, col triangolo ABC; e quindi successivamente dedurre tutte le conseguenze finora da noi esposte.

396. Fingiamo ora, che AE rappresenti lo spazio, e le ordinate PM, ES ec. come prima, le velocità acquistate. Avremo §. 392. questa proporzione  $AP : AE :: \overline{PM}^2 : \overline{ES}^2$ ; cioè le ascisse saranno tra loro come i quadrati delle ordinate. Ma questa è una proprietà, che compete a quella linea curva chiamata da Matematici Parabola; dunque nel moto uniformemente accelerato il luogo delle velocità, che nel piano di essa era una linea retta §. 389.; nella scala della velocità §. 349. farà una Parabola Apolloniana.

Tav. 1.  
Fig. 8.

397. Tutto ciò che abbiamo dimostrato del moto accelerato, si può applicare, ma in contrario senso, al moto uniformemente ritardato. Se un corpo grave colla velocità LS sia scagliato in alto, la sua gravità, che nel discendere gli dava tanta celerità da descrivere gli spazj in proporzione de' numeri dispari naturali 1, 3, 5, 7 ec. nel salire gli toglierà tanta celerità, che gli spazj percorsi, se sono quattro tempi uguali saranno tra loro come 7, 5, 3, 1 ec. e in A farà zero; onde il corpo perduta tutta la velocità comunicatagli ricadrà per la propria gravità. Se il tempo si divida in cinque parti uguali, gli spazj faranno come 9, 7, 5, 3, 1. Quindi facilmente si possono applicare gli altri teoremi già dimostrati nell'accelerazione; prendendo qui solamente gli spazj decrescenti, dove prima li consideravamo crescere.

Tav. 1.  
Fig. 9.

398. Quello che un corpo riceve da un altro è un energia §. 284. detta velocità, che diffondendosi nella massa produce il moto §. 286. 287. Ciò non ostante si può concepire il moto come un aggregato d'infiniti elementi di moto, che chiameremo *sollecitazioni al moto*. Ora il moto prodotto nel tempo infinitesimo dt può concepirsi come nato da infiniti sforzi elementari, o sollecitazioni.

## PROPOSIZIONE XI.

*Il Moto variabile in uno spazio, e tempo infinitesimi è, come il differenziale della velocità nella massa, o come la sollecitazione al moto nel tempo infinitesimo.*

399. **I**N un tempo e spazio infinitesimi il moto si può prendere come uniforme §. 377.; onde se la quantità della materia si chiami  $q$ , la celerità infinitesima  $dc$ , il moto prodotto nel tempo infinitesimo  $dt$ , si chiami  $m$ ; la sollecitazione al moto si dica  $g$ ; avremo  $m = qdc$ . E siccome il moto prodotto dalla sollecitazione, nasce dall'operare, che fa questo in tutto il tempo  $dt$ , così sarà inoltre lo stesso moto  $m = gdt$ . Come dovea dimostrare.

400. Paragonando insieme questi due valori dello stesso moto abbiamo  $qdc = gdt$ ; onde  $q = \frac{gdt}{dc}$ ; e ancora  $g = \frac{qdc}{dt}$  ec.

401. Per far uso di queste formole differenziali, è necessario prefiggersi qualche ipotesi particolare. Sia perciò di nuovo quella di Galileo, in cui  $c: t$ , e perciò  $dc: dt$ . Sostituendo questo proporzionale nella terza equazione precedente abbiamo  $g: \frac{qdc}{dt}$ ; onde  $g: q$ . E perciò in questa ipotesi la sollecitazione al moto sarà come la massa d'un corpo. Ma la sollecitazione al moto ne' corpi gravi gli vien data dalla loro Gravità. Dunque *se la Gravità accelera i corpi uniformemente, sarà proporzionale alla loro massa.*

402. Sia ora  $c: t^2$ ; farà ancora differenziando,  $dc: 2tdt$  §. 372., onde essendo  $g: \frac{qdc}{dt}$  §. 400., sostituendo in vece di  $dc$  il suo proporzionale, avremo  $g: \frac{2qtdt}{dt}$ ; e perciò  $g: 2qt$ . Ma prima che il corpo si muova il tempo è nullo, e perciò  $2t = 0$ ; onde ancora  $2qt = 0$ ; e ancora  $g = 0$ . Se  $g$  esprima la gravità d'un corpo, in tale ipotesi la gravità d'esso prima che si muova sarà zero; ma questo è contro la sperienza, colla quale vediamo, che un corpo benchè non si muova, è grave, e preme realmente il piano, su cui s'appoggia; dunque l'ipotesi della celerità in ragione duplicata de' tempi, parlando della gravità de' corpi, è impossibile. Quindi si vede l'uso singolare dell'Analisi, che non solo ci determina le proprietà del moto, ma ancora ci dà a dividere quale ipotesi sia possibile, e quale no.

403. In generale sia  $c: t^m$  avremo  $dc: mt^{m-1}dt$  onde  $g: (qnt^{m-1}dt: dt)$ ; e perciò  $g: qnt^{m-1}$ ; che può servire di formola generale per qualunque ipotesi facciamo del tempo; restando solo in questo canone da so-

sostituire in vece di  $n$  il suo valore; se per esempio  $n=1$ , sarà  $m^{n-1}=1=1$  e perciò  $g:q$ , come abbiamo veduto §. 401.

404. Giambattista Baliani discepolo del Galilei, e di nazione Genovese suppone, che la gravità sollecitasse i corpi a discendere con una celerità proporzionale agli spazj, che descrivevano. In tale ipotesi sarà  $c:s, s$ , onde  $dc:ds$ . Perciò essendo  $g:\frac{1}{2}c$  avremo  $g:\frac{1}{2}s$ ; ma  $\frac{1}{2}c=c$  §. 379; dunque in questa ipotesi sarà  $g:qc$  ovvero  $g:qs$ . Ma lo spazio descritto da un corpo prima di cadere è nullo; dunque  $s=0$ ; e perciò  $g=0$ , cioè la gravità d'un corpo sarebbe nulla. Lo che essendo contro l'esperienza, l'ipotesi di Baliani è impossibile. Quindi questa supposizione sarà sempre assurda, quando si tratta di forze inerenti a' corpi, quale è la gravità de' medesimi.

405. Essendo  $g=\frac{1}{2}c$  §. 400. sarà ancora  $gdt=qdc$ ; onde  $dt=\frac{1}{2}c$ . Ma  $dt=\frac{1}{2}c$  §. 380., dunque avremo  $\frac{1}{2}c=\frac{1}{2}c$ , e levando le frazioni,  $gds=qcdc$ . Giacomo Ermanno di Basilea nella sua *Foronomia*, o Trattato delle forze e moti de' corpi stampato in Amsterdam nel 1716., nel *lib. 1. Sez. 2. c. 1. Prop. 17. §. 132.* chiama  $gds$  il momento della sollecitazione, e  $cdc$ , momento della velocità. Quindi abbiamo dimostrata la stessa proposizione, come da essa è proferita: *Il momento della sollecitazione è uguale alla massa nel momento della velocità.* Sopra questo Teorema fonda esso quasi l'intera Meccanica, come asserisce nella *Sez. 4. del lib. 2.*, o ultimo della sua opera.

406. Paragonando insieme i moti, e le velocità variabili di due corpi, e le tre equazioni delle proposizioni 10., e 11., possiamo dedurre infiniti altri Teoremi, e ciò che Eulero diffusamente espone ne' due tomi della sua Meccanica; lo che sarebbe troppo lungo d'espore.

## C A P O IX.

*Del moto composto equabile, e variabile.*

407. **M**oto composto allora si dice §. 299. quando l'azione esercitata da due corpi contro un altro tende a direzioni diverse. Imperocchè se un corpo è spinto da più altri verso la stessa parte, l'effetto è più sollecito, di quello che se fosse urtato da un solo; ma però sempre è diretto ad un luogo. Il contrario avviene quando il corpo verso luoghi disparati viene determinato; non è così facile a prima vista lo stabilire, che strada deve battere per secondare

le due azioni, dalle quali nel tempo stesso viene agitato; è ciò si chiama la *Composizione del Moto*. Quando due corpi si uniscono per agire contro d'un terzo, la loro azione dipende dall'energia, o celerità, che hanno, e dalla materia loro §.284. 286., onde è, che operano contro il corpo di mezzo col loro moto; ma ciò, che gli comunicano, non è altro, che porzione della loro energia.

408. Relativamente all'urtarsi, che fanno i corpi tre diverse specie di essi noi ritroviamo. Alcuni dopo urtati cedono, e mutano la loro figura, come la cera, e la creta, e questi si chiamano *molli*; alcuni non cedono affatto, e più tosto si staccano le loro parti, e questi si dicono *duri*, altri poi cedono nell'urto, e mutano la loro figura per quel momento, ma poi si restituiscono nel loro stato di prima, e questi sono *elastici*. Da che nascano queste tre qualità, l'esamineremo parlando delle proprietà secondarie de' corpi.

409. Tre casi possono accadere, quando un corpo da due forze diverse è urtato. Quello che di due sole dimostriamo, potrà applicarsi agevolmente a più forze, che nel tempo stesso agiscano contro qualche corpo determinato. Primo; sia il globo A urtato da una forza, la di cui azione, o energia esercitata contro A §.269., si esprima per la linea AD.; e da un'altra forza espressa per la MD; ed ambedue diriggano A verso il luogo C. Queste due forze si chiamano *conspiranti*; perchè operano secondo la stessa linea, o direzione MDA. Facile è il comprendere §. 260. che in questo primo caso il corpo A deve andare verso C con una forza eguale alle due AD, DM, se si detraggano tutte le resistenze, e la forza, che perdono nell'acciaccarsi, quando sono molli; delle quali parleremo nella Dinamica.

410. Il secondo è quando il corpo A fosse spinto nel tempo stesso dalla forza CA verso D, e dalla DA verso C; e queste forze fossero in una stessa linea CAD; allora si dicono *forze contrarie, e opposte*. In tal caso se l'azione di queste due forze è uguale; il corpo o sia molle, o duro, o elastico starà quieto. Perchè dovendo secondare per la legge seconda del moto, la forza CA, dovrebbe trovarsi in D dopo un dato tempo, dovendo insieme secondare la forza DA, dovrebbe essere in C nel tempo stesso. Ma le azioni, colle quali è spinto in D, e C sono uguali, e in parti totalmente opposte; dunque non potendo nel tempo stesso trovarsi in D; e C; nè essendovi maggior ragione, per cui vada più in D, che in C, per l'eguaglianza delle forze, necessariamente si fermerà in A.

411. Le due azioni CA, DA de' due corpi, che urtano A possono essere uguali tanto, se i medesimi essendo d'ugual peso, spingono A con velocità uguale, quanto venendogli incontro con velocità reciproche a' loro pesi, se sono corpi diversi. Ora in qualunque maniera siano uguali l'azioni contro il corpo A, se tutti tre saranno molli; le loro azioni si perderanno nell'acciaccamento vicendevole. Se sono elastici, si perderanno nella compressione, e poi torneranno a riformare, onde il corpo A restando immobile, ribalzeranno i corpi urtanti colla stessa velocità. Se tutti e tre sono duri, amendue le velocità si comunicheranno al corpo A nel tempo stesso, e non potendosi impiegare a comprimerlo, perchè secondo l'ipotesi è incompressibile; nè a muoverlo, perchè non c'è maggior ragione, per cui vada più tosto verso D, che verso C, essendo uguali le azioni, per necessità si eserciteranno a superare la coesione, che hanno le parti del corpo A. Quindi osserviamo, che se A sarà di vetro, od'altra materia fragile, si spezza; se di materia più coerente, introna. Perciò in tutti e tre i casi il corpo A starà quieto; e di più quando i corpi non sono elastici, le loro azioni si consumeranno, o distruggeranno.

412. Ma se l'azione AD fosse maggiore di AC, uguale per esempio ad AM; allora distrutta nel primo, e terzo caso la porzione  $AD = AC$ , il corpo A cederà all'azione maggiore movendosi verso C colla differenza delle velocità DM. Perchè se fossero uguali si distruggerebbero; dunque distrutte l'azioni uguali, resterà la loro differenza, e con questa si moverà il corpo verso quella parte, dove è diretta la maggiore velocità.

413. Il terzo caso si dà, quando le direzioni della velocità non sono nè conspiranti come nel primo caso, nè contrarie come nel secondo; non formano una sola linea retta, ma qualche angolo tra loro. Questo può essere retto, come nella Figura 10. Tav. 1., acuto, come nell' 11., o pure ottuso, come nella 1. della Tav. 4. Sia dunque il corpo A spinto da un'azione espressa per AE verso E; e da un'altra espressa per AD verso il punto D. Cercano meritamente i Filosofi, essendo la celerità uniforme, che direzione prenderà il corpo, e quale sarà la velocità, con cui si muove dopo l'urto.

414. Se EA fosse nella direzione di CA, e spingesse il corpo A verso D, e DA verso C, certo che sarebbero le due forze CA, DA §. 410. totalmente contrarie. Immaginatevi ora, che la direzione CA si sollevi un poco, e non sia più in linea retta con AD, ma faccia

Tav. 4.  
Fig. 1.

faccia un angolo infinitamente ottuso con essa; e spinga il corpo verso  $AD$ , è certo altresì, che non si potrà chiamare più totalmente opposta ad  $AD$ , e perciò in parte dovrà conspirare con  $AD$  a muovere il globo  $A$ . Se  $AC$  più s'innalza, meno sarà contraria, e più conspirante; onde finalmente quando  $CA$  caderà sopra  $AD$ ; amendue le azioni  $CA$ ,  $DA$  influiranno insieme a spingere  $A$  verso  $C$ , e perciò cesserà ogni opposizione, e saranno perfettamente conspiranti. Concepite ora, che di nuovo  $CA$  s'alzi sopra  $DA$ , e faccia perciò con esse un angolo infinitamente acuto, non saranno più interamente conspiranti, ma cominceranno ad essere opposte; e si diminuirà questa conspirazione, crescendo l'opposizione, più che s'ingrandirà l'angolo; e finalmente essendo  $CA$  tornata nel sito, in cui è scolpita nella figura, cesserà ogni conspirazione, e diventerà di nuovo perfettamente opposta con  $DA$ .

415. Onde abbiamo due serie di Conspirazioni, e Opposizioni. Da  $CA$  andando verso  $DA$  la serie delle conspirazioni cresce; e cala quella delle opposizioni; se andiamo dalla  $DA$  verso  $CA$  la serie delle conspirazioni cala, e cresce quella delle opposizioni. Di più quando l'angolo delle direzioni è acutissimo, la conspirazione è massima, l'opposizione comincia, e perciò è minima; quando l'angolo è ottusissimo, l'opposizione è massima, la conspirazione è minima, perchè allora principia. Dunque se l'angolo sarà retto, essendo questo un angolo di mezzo tra l'acutissimo, e l'ottusissimo, ancora l'opposizione, e conspirazione sarà mezzana tra la massima, e la minima; e perciò ci saranno. Quindi le azioni saranno in uno stato di mezzo tra la massima, e minima conspirazione, tra la massima, e minima opposizione.

Tav. 1.  
Fig. 10.

416. Perciò non molto a proposito pensa Giacomo's Gravefande nel tomo 1. de' suoi Elementi di Fisica ristampati con aggiunte la terza volta a Leiden nel 1742., alla *par. 2. lib. 2. c. 7.*, §. 1151. pretende; che quando le direzioni  $AE$ ,  $AD$  formano angolo retto, l'azioni non siano nè conspiranti, nè contrarie, perchè l'impressione, colla quale si muta dall'azione seconda il moto, niente ha di comune colla prima azione; e perciò quella per  $AE$  non può diminuire quella per  $AD$ .

417. Lo stesso pretende provare con una simile ragione l'Abbate Nolet nel tomo 2. delle Lezioni di Fisica sperimentale stampate a Parigi nel 1745. Dice nella Sezione 1. della 5. Lezione, che quando l'azioni  $AE$ ,  $AD$  fanno angolo retto, sono reciprocamente indifferenti. Imperciocchè  $AD$  tende a slontanare il corpo  $A$  dalla  $AE$  per

la

la distanza, che è espressa dalla AD, perchè secondo l'ipotesi è perpendicolare ad AE; dunque se ciò accade in D, o in B, poco importa per riguardo all'azione AD; così ancora AE tende a slontanare il globo A dalla AD, per la linea AE, nè preme molto che ciò succeda in E, o in B; non perdono niente amendue l'azioni, se il corpo andrà in B; onde non saranno nè conspiranti, nè contrarie. Non così però accade, se le forze AE, AD fanno angolo ottuso; allora l'azione AD obbligando il corpo ad iscostarsi dall'AE, per misurare questa distanza, converrà calare Ae perpendicolare sopra AD, misurandosi ogni distanza per la linea brevissima, o per la perpendicolare. Ma il corpo di moto composto realmente va in B, come dimostreremo; dunque la forza AD viene diminuita della Dd; ovvero Bb, ovvero eE; perchè in vece di trovarsi in D, o in b, si truova in B. Perciò l'azioni in questo caso non sono indifferenti.

Tav. 5.  
Fig. 1.

418. La ragione però ci convince in contrario, e primieramente avendo dimostrato, che ci sono due serie di conspirazioni, e opposizioni, una crescente, l'altra calante, §. 415. quando passiamo dall'ottuso all'acuto, e per lo contrario, facilmente ognuno si persuade, che l'opposizione, o conspirazione continuamente crescente, o calante, non può tutt'in un colpo nel mezzo diventare nulla; come accadrebbe, se nell'angolo retto non ci fosse. In secondo luogo amendue le azioni s'uniscono realmente a muovere il corpo; e in tutti e tre i casi l'azione composta è espressa per la diagonale AB, come ora dimostreremo; ma questa è sempre minore delle forze componenti; perchè i lati AD, DB d'un triangolo sono maggiori del terzo AB; per la Geometria; dunque l'azioni dovranno in parte conspirare, ed in parte essere opposte.

419. Quanto alla ragione del Nolet rispondo, che non sono altrimenti indifferenti le azioni, quando formano angolo retto, perchè realmente s'uniscono, e obbligano il corpo a descrivere AB, che è minore di tutte due l'azioni insieme. Nè vale il dire, che quando l'angolo è ottuso calata la perpendicolare Ae, colla quale si misura la distanza AD della prima azione, questa si truova diminuita, giacchè in vece di ritrovarsi il corpo A in D, o in b, si truova in B, e perciò l'azione AD cala di Bb, perchè rispetto ad Ae cala; ma riguardo al punto E, dove l'azione AE dirige il corpo A, si truova questo nella stessa posizione, essendo Ec uguale alla Bb. In una parola per misurare la distanza, alla quale viene trasportato A dalla forza AD, bisogna

fogna calare DC perpendicolare sopra l'altra direzione AE prolungata, questo è il vero slontanamento, che produce la forza AD sopra il corpo A, scostandolo dalla direzione AE. Se dunque ancora da B caliamo BM perpendicolare sopra la direzione AE, troveremo BM uguale alla DC. Quindi apparisce, che determinando questa distanza per la Ae, stabiliamo lo slontanamento del corpo dal luogo A, non già dalla direzione AE.

420. Esposto ciò, ch'era necessario per intendere la dottrina del moto composto; conviene ora esaminare, che direzione, e con quale velocità debba muoversi un corpo quando è spinto da due forze, che operano nel tempo stesso secondo diverse direzioni per muoverlo. Tre casi in ciò bisogna distinguere, che abbracciano tutti gli altri possibili. 1. Quando le due forze sono comunicate tutte in un colpo; e perciò hanno tra loro una determinata relazione, e sono finite; o quando sono infinitesime, e operano a poco a poco, ma conservano sempre tra loro la stessa ragione nello spingere il corpo in ciascun momento. 2. Quando amendue sono comunicate in un colpo, e finite, ma una di queste per qualche causa esteriore s'accresce, o diminuisce continuamente. 3. Quando una è finita, e si comunica tutta insieme al corpo; l'altra è infinitesima, e opera ogni momento in esso costantemente, o pure variando sempre la velocità. Nel primo caso abbiamo il Teorema.

## P R O P O S I Z I O N E XII.

Tav. 1. Fig. 10. 11. Tav. 4. Fig. 1. *Se il corpo A qualunque, sia spinto da due forze AE, AD che fanno angolo, come nel primo caso, descriverà la diagonale retta AB del Parallelogrammo fatto su queste direzioni, nel tempo stesso che farebbe i lati AE, AD; e questa esprimerà la forza composta.*

421. **I**L corpo A è spinto da due velocità, che in parte cospirano, §. 415. perciò deve secondare per quanto può le direzioni, che gli danno. Se fosse mosso solamente dalla AE dopo un tempo determinato, si troverebbe in E, lontano da AD, per la retta AE, nella Fig. 10., o per la perpendicolare tirata da E sopra AD. Se non ci fosse, che la velocità AD, si scosterebbe dalla AE per AD, o per lo perpendicolo dal punto D tirato. Ma nel tempo stesso è mosso dalle  
EA,

EA, AD, e deve secondarle; dunque essendo impossibile, che si trovi insieme in E, e in D si troverà in B, dove sarà lontano dalla AE per BE uguale alla AD; dalla AD, per BD uguale ad AE; e passerà dal punto A in B facendo una linea retta per la legge prima §. 259. Dunque dovendo essere BE, BD uguali alle DA, EA, la figura sarà un Parallelogrammo per la Geometria, e BA sarà la diagonale. Ma le forze AE, AD, s'uniscono realmente, e nel tempo stesso, nel corpo A a fargli percorrere lo spazio AB; dunque AB esprimerà §. 267., 414. la forza composta. Come dovea dimostrare.

422. La stessa dimostrazione sarà, se le forze AE, AD a poco a poco muovano il corpo. Imperocchè sia spinto dalle forze minime Am, Ad nel primo momento descriverà Aa. Arrivato in a dovendo esser spinto da due forze simili alle prime; avranno la stessa ragione, che Ad alla Am; e perciò prolungata ma, fino che venga ad essa uguale, e tagliata dalla ae, un eguale alla da, il corpo si porterà per Aa prolungata. Perciò in fine si troverà aver percorso AB, come prima.

Tav. 1.  
Fig. 10.

423. Quindi bene osservò Aristotele nel principio della sua Meccanica, che un corpo, il quale viene mosso da due forze, che hanno sempre tra loro la stessa proporzione, deve muoversi in linea retta, e questa sarà la diagonale delle direzioni. Imperocchè dovendo per l'ipotesi esser sempre Ad alla da, come AD, alla DB, saranno Ada, ADB triangoli simili; e perciò Aab sarà linea retta, e diagonale de' Parallelogrammi, che sono il doppio di questi triangoli.

424. Si può esemplificare questo moto, se concepiamo che AD sia una riga fissa, ed AE cammini sopra di essa; e nel tempo stesso un piccolo animale vada sopra la riga AE; dimodochè, si trovi in E, quando tutta la riga AE è arrivata sopra DB. Ognun vede, ch'essendo la riga AE giunta in e d, l'animale sopra la riga sarà in m, avendo descritto Am, che abbia la stessa ragione ad AE, di Ad, alla sua AD. Ma la riga AE è passata in ed, dunque l'animale si troverà in a; e perciò non avrà descritto nè Ad, nè Am, ma la diagonale Aa.

425. Esperienze. Per dimostrare la precedente proposizione del moto composto coll'esperienza si faccia la tavola AIGB perpendicolare all'Orizzonte. Sopra cb si stendano due fili d'ottone ce, ba tra loro paralleli. Sopra questi possa camminare liberamente la piccola carrucola d'ottone Gg, che si tira col filo eM. Attaccato il filo HGgF

Tav. 5.  
Fig. 2.

## 154 CAPO IX. DEL MOTO COMPOSTO

in  $H$ , che passa per la rotella  $g$ , si sospenda da esso il peso  $F$ . Quindi tirando la rotella  $Gg$  verso  $e$ , questa solleverà il filo  $HgF$ , e il corpo  $F$  spinto da due forze  $eg$ ,  $gF$  descriverà di moto composto la diagonale  $Fa$ .

**426. Esperienze.** Possiamo ancora coll'ajuto della seguente macchina verificare in pratica tutta la teoria precedente, che abbiamo esposto del moto. Sia il tavolino  $AcBO$  col piede armato di tre viti  $FFF$  per poterlo situare orizzontale, ovunque si ponga. In  $A$ ,  $B$  ci siano due rotelle d'ottone, che non solo girino intorno al proprio asse, ma ancora intorno a se stesse, quando il corpo piano rotondo  $CC$  sitira in  $a$ , in  $G$ , in  $c$ . S'attaccino i fili  $CBD$ ,  $CAE$  co' pesi uguali  $D$ ,  $E$ , il corpo  $CC$  non si partirà dal mezzo del circolo  $AGBO$  delineato sul tavolino, perchè è tirato da forze uguali. In  $E$  si metta un peso due volte maggiore di  $D$ , il corpo  $CC$  andrà verso  $A$  con forza 1.; se  $E$  farà tre volte maggiore di  $D$ , andrà verso  $A$  con forza 2. *ec.* Queste forze si misurano mettendo sotto il peso  $E$  una cassetta, dove ci sia sevo liquefatto, o piena di creta molle, e spianata. Nello scendere il peso  $E$  farà delle fosse dentro il sevo, o la creta, l'altezze delle quali saranno 1, 2, *ec.*

Tav. 5.  
Fig. 3.

**427.** Si tiri il corpo  $CC$  in  $a$ , le direzioni delle forze a  $A$ , a  $B$  faranno angolo ottuso, si tiri in  $G$  lo faranno retto, perchè l'angolo  $AGB$  è nel semicerchio; si tiri in  $c$ , lo faranno acuto; onde delineando sulla tavola le diagonali del parallelogrammo col gesso, l'esperienza dimostrerà che il corpo  $CC$  descrive queste secondo la ragione, che passa tra il peso  $E$ , e il peso  $D$ . Supponiamo, che  $E$  sia doppio di  $D$ , e il corpo  $CC$  sia portato in  $a$ ; divisa a  $A$  in due parti uguali in  $m$ , si prenda  $am$  uguale alla  $na$ , e fatto il parallelogrammo  $aneA$ , il corpo  $C$  descriverà la diagonale  $ae$ . Collo stesso metodo si faccia in tutti gli altri casi, e troverete la sperienza conforme sempre alla teoria.

**428. Esperienze.** Adattata ancora al nostro intento è un'altra macchina, la di cui costruzione è la seguente. Sia il truoco  $ABCD$ , sopra il quale s'adattino le due ale circolari  $Eab$ ,  $Fcd$  per mezzo delle viti  $b$ ,  $d$ , che sono inserite nell'apertura  $ebdf$  della sbarra attaccata in  $h$ ,  $g$ , a' lati del truoco. I due martelli  $c$ ,  $a$ , pendano liberamente da' forami  $m$ ,  $e$ . Le ale nella loro periferia  $Ft$ ,  $Em$  siano divise in gradi, come insegneremo nella Dinamica, e possano inclinarsi vicendevolmente, così che, esse, e per conseguenza ancora i martelli,  $c$ ,  $a$ , formino tra loro qualunque angolo si vuole. Posto il globo

Tav. 5.  
Fig. 4.

globo H sul piano del trutto, s'alzino i martelli c, a, tenendoli sempre accosto alle alè iF, mF, ad altezze uguali; e il martello c, spinga H secondo la direzione HM, l'altro a, secondo HN, il globo spinto nel tempo stesso descriverà HI. Alzando l'estremità E dell'ala Em, potremmo diriggerla col martello, verso HK, HBec. ad arbitrio; così ancora si potrà fare della Fi. Sollevando i martelli, c, a, a diverse altezze, e lasciandoli cadere, daremo ad essi diverse forze da spingere il globo H, come vedremo nella Dinamica.

429. *Esperienze.* Lo stesso uso ha la macchina descritta dallo s' Gravesande nella Fisica. Le viti FFF servono per piantare sopra qualsivoglia piano la macchina perpendicolarmente. I due piani triangolari CQ, CQ s'aprono, e si chiudano per mezzo de' due bracciucoli uniti in A, e in B, fortemente attaccati a' piani stessi. La loro costruzione è espressa a parte in bab, dove b, b sono le parti d'essi, che s'inferiscono ne' piani in m, m. Pendono i due globi Q, Q da' fili lmQ, lmQ attaccati alle viti l, l, per poterli alzare, o abbassare, finochè siano alla stessa altezza col terzo globo P, che pende dal filo Phr, il quale passa per to' cannello vuoto r, ed esce di fianco, e s'attacca in m; questo globo P non tocca il bracciucolo R, che è lungo, e si volta in giro, per delineare la diagonale, che ha da descrivere il globo P, spinto dalle due forze laterali Q, Q. Questi globi s'alzano e s'abbassano secondo la velocità, che si vuol dare al terzo globo P, e le punte a, b servono per essere sicuri delle altezze, alle quali s'innalzano i globi QQ, e per poterli regolare.

430. Confermata colle sperienze la Teoria del moto composto, si spiegano quindi varj fenomeni. La barca A tirata da due corde Da, Ca; e perciò spinta da due forze secondo le direzioni aD, aC, che è lo stesso, si muove per la linea di mezzo aB; quando gli uomini C, D tirano con ugual forza; ma se C tira più forte, la diagonale aB si volterà verso C. Se A fosse una carrozza, che andasse verso D, e un uomo volesse buttarli da essa mentre cammina per la direzione AE perpendicolare alla AD, o che faccia angolo acuto, corre rischio d'andare sotto la rota di dietro; sarà però sicuro se si getterà per AE, che faccia angolo ottuso.

431. La velocità composta essendo espressa per la diagonale AB, e questa essendo minore delle due AE, AD, ovvero EB, perchè due lati d'un triangolo son minori del terzo, per la Geometria, ne viene in conseguenza, che sarà equivalente solamente alle velocità

## 156 CAPO IX. DEL MOTO COMPOSTO

componenti. Si deduce in oltre, che nel Mondo non si conserva sempre la stessa quantità di moto, perchè la velocità, che nasce dalle due componenti, è sempre minore. Onde se mentre la nave cammina, un uomo vuole camminare lateralmente, sentirà la sua forza diminuita dall'impulso, che gli dà per avanti la nave; se andrà verso prora, camminerà felicemente ec.

432. Se il globo A sia spinto, o tirato da tre forze Ab, AE, AD e non si muova, queste forze avranno tra loro la stessa ragione, che i lati del triangolo ADB, che si forma prendendo AD d'arbitraria lunghezza, e tirando DB parallela alla AE, quindi prolungando Tav. 4.  
Fig. 2. BA in B. La ragione è manifesta; perchè qualunque sia la velocità comunicata dalla forza, che opera per AD, sempre si potrà esprimere per una linea retta come AD. Tirando DB parallela all'altra direzione AE, compito il parallelogrammo ADBE, il corpo A deve muoversi per la diagonale AB, onde AD esprimendo non solo la direzione, ma ancora la forza, AE altresì esprimerà la forza per AE. Ma le tre forze AD, AE, Ab s'equilibrano; dunque Ab deve essere uguale alla AB; e perciò le tre forze Ab, AD, AE s'esprimeranno per gli lati del triangolo ADB, essendo DB uguale ad AE per la nota proprietà de' parallelogrammi.

433. Quindi se tre forze s'equilibrano, non solamente la relazione, che passa tra esse, s'esprimerà per gli lati del triangolo ADB formato da rette parallele alle direzioni delle forze; ma ancora per gli seni degli angoli di questo triangolo ADB. Imperocchè nella Trigonometria si dimostra, che i lati di qualunque triangolo sono tra loro nella ragione stessa de' seni degli angoli.

434. Sopra queste dottrine è fondata la *Composizione, e Risoluzione* delle forze, per mezzo della quale si determinano molte verità nella Meccanica. Se un corpo sarà mosso da due forze qualunque, si determinerà, come abbiamo veduto nella Prop. 12. la forza composta, e la sua direzione. Se sia mosso da tre forze, che s'equilibrano, si determinerà §. 432. facilmente la relazione, che passa tra esse; e lo stesso si dica se le forze siano quattro, cinque ec. purchè s'equilibrino, e il corpo non si muova. Per esempio, se fossero cinque forze equilibrate Ab, Ae, Ac, Am, An; ridotte Ae, Ac nella sola AE composta; Am, An nella sola AD; e quindi AE, AD nella AB §. 432. non movendosi il corpo per ipotesi, dovrà essere AB uguale, e nella stessa direzione della Ab; altrimenti se facesse angolo con Ab,  
il

il corpo di moto composto descriverebbe la diagonale del parallelogrammo formato dalla direzione delle forze, e perciò si muoverebbe contro ciò, che abbiamo supposto.

435. Quindi ancora data una forza, colla quale si muove qualche corpo, potremo determinare le forze componenti, dalle quali si concepisce nata. Urti la palla A colla velocità BA sopra il piano AD. Sopra BA possiamo tirare due linee BE, AE che formino angolo retto, o pure due altre ad arbitrio, che formino qualsivoglia angolo ottuso, o qualunque acuto; in una parola intorno alla BA come diagonale si può colla Geometria formare qualunque specie di parallelogrammo. Perciò la forza, o velocità AB si può concepire come nata da molte altre velocità combinate tra loro diversamente. Ma in pratica però non dobbiamo così a caso sciogliere la forza composta, ma sempre coerentemente alla verità, che dobbiamo investigare. Si debba per esempio determinare la velocità, colla quale A urta obliquamente il piano AD. Da ciò che abbiamo dimostrato di sopra, quando l'urto è diretto, allora solamente c'è intera opposizione; e l'azione sempre suppone un ostacolo §. 270. Dunque calata la perpendicolare BD, il piano DA farà ostacolo secondo la direzione DB, e perciò la palla A agirà contro il piano solamente per la direzione, e colla parte di sua forza BD. L'altra parte di forza BE, ovvero DA, in cui si risolve la composta BA essendo parallela, e secondo la direzione stessa del piano DA, non opererà contro d'esso. Perciò la palla A urtando obliquamente il piano DA, lo comprime solamente colla forza BD, come dovea determinarsi.

Tav. 4.  
Fig. 2.

436. Per mezzo della risoluzione delle forze si determina ancora la forza composta, e la direzione, che deve prendere il corpo B, quando è spinto, o tirato da più forze AB, CB, DB, EB, che non si equilibrano tra loro, e perciò il corpo si muove, trovando una che equivaglia a tutte. Per far questo è necessario determinare il centro di gravità di tutt'i punti A, C, D, E, ne quali terminano le tendenze, o direzioni delle forze; concependo tutte le forze AB, CB ec. come unite ne' punti A, C ec. quasi che in ciascuno d'essi A, C ci fosse un peso equivalente alla forza AB, BC ec. Dunque si riduce il Problema a trovare possi più pesi B, C, D, E, sospesi in questi punti, ed equivalenti alle forze, AB, CB, DB, EB un punto per esempio F, dove si devono concepire tutti uniti, in maniera tale, che sostenendosi questo, si venga a sostenere tutt'i pesi A, C,

Tav. 6.  
Fig. 3.

## 158 CAPO IX. DEL MOTO COMPOSTO

A, C, D, E; e tal punto si chiama *Centro di gravità comune*. Ora di questo parleremo a parte in appresso; per ora supponendone il metodo di trovarlo, daremo la regola per trovare la direzione, e forza composta.

437. Trovato adunque il centro di gravità, o comune delle quattro forze AB, CB, DB, EB, che sia F s'unisca questo col centro B del corpo spinto, colla linea FB. Quindi prolungata BF in L indefinitamente, si trasporti BF tante volte in BL, quante sono le forze, nel nostro caso, essendo quattro le forze, dovrà essere LB uguale a quattro FB. Questa linea BL esprimerà la direzione, e la quantità della forza composta, colla quale si muoverà B spinto da quattro forze.

438. Collo stesso metodo, se oltre le quattro forze già esposte, fosse il corpo B mosso ancora dalle forze Ba, Bb, Bc, Bd; lo stesso sarà il metodo. Si truovi tra gli otto punti A, C, D, E, d, c, b, a il centro comune di gravità; che sia per esempio lo stesso F; unita FB, si trasporti FB otto volte in BFL prolungata, esprimerà questa la direzione, e la quantità della forza.

439. Imperocchè quanto al primo caso, essendo F il centro comune di gravità di tutt' i pesi A, C, D, E, ovvero di tutte le forze, che spingono, o tirano il globo B, quivi devono tutte concepirsi unite. Onde o la forza composta tiri il corpo B, o lo spinga, agirà secondo la direzione BF. Tirata per lo centro B una linea qualunque Hg, si calino sopra d'essa le perpendicolari Ao, Cr, Fs, Du, Et. Ciascuna forza sarà risolta nelle sue componenti; per esempio AB, nelle due Ao, oB; CB nelle due Cr, rBc. Paragonando insieme queste forze laterali, si vede, che le perpendicolari Ao, Cr, Du, tE, essendo tra loro parallele non sono contrarie, e perciò tra di loro non possono distruggersi. Non così però accade di oB, rB, che tirano B verso H, e di tB, uB, che lo tirano verso g; se il corpo B fosse spinto solamente da queste, le più forti prevalerebbero; onde se tB, uB fossero maggiori di rB, oB, il corpo verrebbe verso g, coll' eccesso delle seconde sopra le prime §. 412. si termini il parallelogrammo sFmB; essendo Fs uguale mB, e ancora sB uguale Fm, le due mB, mF esprimeranno le forze componenti FB. Resta ora a dimostrare, che le forze perpendicolari Ao, Cr, Du ec. sono espresse per 4mB, ovvero lB, e le medie oB, rB, tB ec. per 4mF, ovvero lE, quindi per la simiglianza de' triangoli BmL, BIL ne verrà in conseguenza, che la forza composta BL farà uguale 4FB,

con-

conforme alla costruzione fatta nel §. 437. Ciò dimostreremo parlando del centro di gravità di più corpi, dipendendo da quello la dimostrazione.

PROPOSIZIONE XIII.

*Se un corpo è spinto nel tempo stesso da due forze finite, e una d'esse varia sempre, o una è finita, l'altra infinitesima lo spinge ogni momento, descriverà una linea curva.*

440. **S**IA il globo A spinto dalla forza finita, e comunicata tutta in un colpo AM, e da altra forza finita AI, anch'essa nel tempo stesso data tutta al corpo, descriverà la diagonale AB del parallelogrammo AMBI, fatto sopra le direzioni AM, AI §. 421.; ma supponiamo, che durando sempre la forza AM, la forza AI, in B si muti, accrescendosi, o diminuendosi; dunque farà lo stesso, che la forza AI fosse in B una nuova forza applicata al corpo B secondo la direzione di prima, cioè per una direzione BE parallela ad AI. Perciò il globo B, che seguizandole forze AM, AI come prima, avrebbe proseguito per ABC, essendo in B come spinto dalla nuova forza BE, cioè dalla forza AI, che s'è mutata, prenderà la nuova direzione AD. Lo stesso accaderà in D, in G ec. Dunque il globo A ogni momento muta direzione, e si discosta dalla linea retta, che prima descrivea; ma questa è la definizione della linea curva; il corpo adunque descriverà di moto composto una curva. E per verità §. 388. ogni curva è un poligono di lati infiniti di numero. Come dovea per primo dimostrare.

Tav. 4.  
Fig. 3.

441. Sia in secondo luogo la forza AM finita, AI infinitesima, ma continuamente applicata, dopo che il corpo di moto composto ha percorso AB; di nuovo la forza infinitesima AI per ipotesi lo spinge verso la stessa direzione; onde fatta BE uguale ad AI, il corpo B sarà obbligato a mutar direzione nel secondo momento, e portarsi in BD, invece di proseguire in BC; dunque ancora in tal caso descriverà il corpo una linea, che ogni momento cangia la prima direzione; ma questa appunto è l'idea, che abbiamo d'una curva; a differenza della linea retta, che sempre va per una direzione; Perciò il corpo A si porterà per una curva. Come dovea dimostrare per secondo.

442. Se

## 160 CAPO IX. DEL MOTO COMPOSTO

442. Se la forza AM fosse uguale ad AH, e la AI, finita ma variabile ovvero infinitesima, accaderebbe lo stesso, dopo avere cominciato a descrivere una infinitesima della diagonale Aa, cangierebbe direzione. Tutta Aa non potrebbe descriverla, perchè non avrebbe campo la forza finita AH di operare interamente, a cagione di AI infinitesima, che ogni momento sollecita il corpo A. Questa in ogni istante diverte la forza finita, e la ripartisce in varj momenti.

443. Quindi se un corpo cammina per una linea curva deve necessariamente essere spinto da due forze almeno, che operino come abbiamo esposto nella Proposizione. Se fosse una sola forza, o due costanti, descriverebbe una linea retta §. 259. Onde i Pianeti, che intorno al Sole, la luna intorno alla terra si muovono per linee curve, devono essere spinti almeno da due forze. Su di questa Prop. è fondato il Trattato delle forze centrali. Quindi se la corrente d'un fiume sia da E verso F, e voglia un Marinajo traversarla per andare in R, non dirige la punta della barca A verso R; perchè allora si troverebbe in S; ma verso T, così a poco a poco per una linea curva PaR arriverà in R. Perchè la barca è mossa dalla forza della corrente, che in quel luogo è costante, e diretta verso F, e dagl' impulsi, che continuamente le da il Marinajo col remo spingendola verso T, dalle quali due forze, come abbiamo dimostrato, deve descrivere una curva PaR.

444. Questa curva però descritta con tali forze, farà diversa, secondo la ragione varia, che hanno tra loro le forze componenti. Noi qui esamineremo i principali casi. Siano al globo A comunicate due energie una per AO costante, che obblighi il corpo a descrivere spazj uguali AE, EB, BC, CO in tempi uguali. L'altra per AD variabile, che di continuo s'accresca e obblighi il corpo a descrivere lo spazio AM qualunque siasi nel primo momento, che descriverebbe AE colla forza AO; nel secondo momento lo spazio MN tre volte maggiore di AM; nel terzo lo spazio NH come 5., nel quarto lo spazio HD, come 7. ec. secondo la serie de' numeri di spari naturali. Si termini il parallelogrammo AOLD, e gli altri AEFM, ABGN ec. è chiaro, che essendo AM, ovvero EF, 1.; farà AN, ovvero BG, 4., così ancora AH farà 9., AD, 16. Per lo contrario AB, o NG farà 2. rispetto d'AE. AC ovvero HI farà 3.; DL farà 4. Dunque  $AM : AN :: FM^2 : GM^2$ ; e anco-

ancora  $AN:AH::NG^2:HI^2$  ec. Dunque le ascisse faranno tra loro come i quadrati delle ordinate; e perciò §. 396. la diagonale AFGIL sarà la *Parabola d' Apollonio* Pergeo. Questo caso l'abbiamo in una palla spinta dalla polvere di canone. Sia la palla A mossa dalla forza costante della polvere per la retta AO, se la resistenza dell'aria non ritardasse la forza della polvere, essendo questa uniforme, descriverebbe la palla in momenti uguali spazj uguali AE, EB ec. perchè la velocità resta sempre la stessa §. 345. Ma nel primo momento la gravità della palla operando di continuo, l'obbliga a descrivere lo spazio EF; dunque la palla si troverà in F, e non in E. Dopo il secondo momento la stessa gravità le fa descrivere lo spazio BG uguale a 4EF, dunque la palla farà in G; e così discorrendo si troverà, che in fine del moto la palla A non computando la resistenza dell'aria avrà descritto la parabola AGIL.

Tav. 4.  
Fig. 4.

445. Sia il globo A spinto da due forze AC, AB, cosicchè gli spazj AO, AO, che è obbligato a descrivere ogni momento per la forza AC siano sempre mezzi proporzionali tra gli spazj AN, AM, e i loro residui NB, NB, che descriverebbe per la Forza AB. Si compiano i parallelogrammi AOMN, AOMN; essendo AO uguale ad MN, avremo per ipotesi  $AN:NM::NM:NB$  in ogni momento; dunque la curva AMMB farà un *circolo*, la proprietà del quale è, che le perpendicolari MN al diametro siano sempre mezze proporzionali tra le parti AN, NB del diametro.

Tav. 4.  
Fig. 5.

446. Sia il corpo A spinto da due forze AC, AB in tal maniera operanti, che gli spazj AN, AN descritti dalla forza AB siano come la serie aritmetica de' numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ec. e perciò la forza AB sia costante; perchè obbliga il corpo a descrivere in uguali momenti spazj uguali AN, NN, NN ec. Ma gli spazj AO, AO ec. descritti per la seconda forza AC siano tra loro in qualche proporzione geometrica; §. 313. per esempio come 1, 2, 4, 8 ec. o pure come 1, 4, 16, 64 ec. Si terminino i parallelogrammi AOMN; essendo AN uguali ad OM faranno le ascisse AO in serie geometrica, e le ordinate OM in serie aritmetica. Ma questa è la proprietà di quella curva detta da sublimi geometri *Logaritmica*, dunque il corpo descriverà la *Logaritmica* MMMM. Collo stesso metodo, chi è informato delle proprietà di tutte le curve; potrà determinare in ogni ipotesi particolare, che si faccia, la curva da descriversi dal corpo.

Tav. 4.  
Fig. 6.

## C A P O X.

*Delle Forze de' Corpi.*

447. **T**utt'i Meccanici, e Filosofi hanno creduto comunemente, che la forza d'un corpo non dipendesse da altro, che dalla velocità ad esso comunicata, e in diversi da questa, e dalla loro massa §. 287. Se imprimo a un corpo una velocità determinata, la mia mano è la causa movente, la velocità è l'effetto prodotto da questa causa. Ma quando la celerità diffusa nella materia del corpo, l'obbliga a muoversi, o superare qualche ostacolo; allora la stessa velocità impressa è la causa, o forza motrice del corpo, e il moto prodotto, o la resistenza superata è l'effetto. Quindi non hanno mai creduto i meccanici di poter dubitare, che ogni forza ne' corpi dovesse dipendere dalla sola celerità loro comunicatagli.

448. Leibnizio però fu il primo, che negli Atti di Lipsia del 1686. avvisò i meccanici, che altrimenti dovevano misurare le forze de' corpi in moto. Il titolo della sua dissertazione è questo. *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii, & aliorum circa legem naturæ, secundum quam volunt a Deo, eandem semper quantitatem motus conservari; qua & in re mechanica abutuntur* §. 237. Dice egli, che altra è la forza morta, altra è la forza viva de' corpi. La prima non è altro, che lo sforzo loro a muoversi, e questa è lo stesso, che la quantità del moto, onde si misura colla velocità, parlando dello stesso corpo. La forza viva è quella, che va unita col moto attuale del corpo, e questa è diversa dalla quantità del moto, e deve misurarsi dal quadrato della velocità, con cui il corpo si muove. Se una palla penda da un filo, si sforza di discendere, e con questo sforzo tiene il filo teso, questa è la forza morta; se si taglia il filo, e la palla cade attualmente; questa è la forza viva. Così ancora una molla compressa ha la forza morta, quando si libera dalla compressione, allora esercita la forza viva. Nella stessa maniera i Molinai chiamano acqua morta quella, che ristagna, e viva quella, che si muove.

449. Occasione di questa nuova sentenza intorno le forze de' corpi diede al Leibnizio la questione celebre, che verteva tra l'Ugenio in Olanda, e l'Abbate Catalano in Francia. Il primo nella parte 4. del suo Orologio oscillatorio, avea dato una regola per deter-

## F O R Z E D E' C O R P I. 163

determinare in un pendolo composto il centro d'oscillazione, e perciò la forza del medesimo. Contro questa regola scrisse l'Abbate Catalano nel Giornale Francese di Dicembre del 1681. Cominciato era questo giornale in Parigi dal Signor di Sallò nel 1665. sotto titolo di Giornale degli Eruditi; e lo continuò fino al 1674. il Signor Gallois, ed indi il Signor de la Roque. Alle eccezioni di Catalano rispose l'Ugenio nello stesso Giornale al mese di Giugno del 1682. e a Luglio dello stesso anno replicò di nuovo Catalano. In questa controversia, che durò fino all'anno 1690. come apparisce dall'ultimo scritto d'Ugenio nell'Istoria delle opere de'Sapienti, che Errico Basnage nato a Roven nel 1656. la cominciò nel 1687. terminandola nel 1709. colla sua morte; molte cose furono da amendue questi celebri Autori discusse intorno alle forze de' corpi in moto, le quali diedero occasione al Leibnizio della citata dissertazione. Anzi pretende Giacomo Ermano nella dissertazione della misura delle forze al §. 13. che Ugenio abbia misurato le forze vive col quadrato della velocità prima di Leibnizio, lo s'Gravesande però nella prefazione alla terza edizione degli Elementi di Fisica osserva, che nel 1682. Ugenio era ancora del sentimento comune, e solamente nell'ultimo scritto del 1690. asserì, che nel Mondo il moto si diminuisce, e accresce, non già però la forza motrice, che è uguale al quadrato della velocità. Di sentimento contrario è stato Giovanni Bernulli nel discorso delle leggi della comunicazione del moto stampato a Parigi nel 1727. e negli Atti di Lipsia del 1735., giudicando che Ugenio abbia sempre misurate le forze della semplice celerità. Ebbero principio gli Atti di Lipsia nel 1682. e tuttavvia continuano dando ogni anno un tomo alla luce, e di tanto in tanto alcuni tomi di supplemento. Una ristampa di questi Atti cominciò a Venezia nel 1740. dove cinque, o sei tomi li raccolgono in uno solamente, non inferendoci, che le dissertazioni spettanti alle scienze, e alla Filologia, e lasciandone tutte quelle che sono d'altro soggetto.

450. Che che sia dell'opinione d'Ugenio a questa nuova materia di misurare le forze ne' corpi diede nome, e peso il Leibnizio colla citata dissertazione, e la dimostrazione, che in essa distende. Contro la dissertazione di Leibniz scrisse Catalano nelle Novelle della Repubblica letteraria dell'anno 1687. a carte 579. per difendere il Cartesio, e l'antico modo di misurare le forze. Autore di queste novelle fu il Bayle, che le cominciò nel 1684. continuandole per qualche

tempo. A Catalano rispose il Leibniz, come apparisce nelle stesse Novelle di quell'anno. Prese le parti di Cartesio, e Catalano Dionisio Papino membro della Società reale d'Inghilterra, come apparisce negli Atti di Lipsia del 1689. al mese d'Aprile nella dissertazione *de causa gravitatis*. Rispose ad esso il Leibniz con una dissertazione dello stesso titolo negli Atti del 1690. Molte altre cose gli oppose di nuovo Papino in quelli del 1691. nella dissertazione *de Viribus motricibus*. Contro questa scrisse Leibnizio nel Settembre dell'anno stesso, e Ferdinando Elfrico Lichtscheid d'Ottobre colle considerazioni intorno l'altezza, e velocità de' Pendoli. Altri scritti concernenti a tale questione si trovano negli stessi Atti di Lipsia nel 1695.

451. Tutte queste cose diedero motivo a molte celebri dissertazioni, che uscirono a favore dell'una, e l'altra sentenza. Seguirono quella di Leibniz tra i più rinomati, Giovanni Bernoulli nelle già citate dissertazioni; il Marchese Giovanni Poleni pubblico professore di Matematiche in Padova nel suo libro *de Castellis aquarum*, ivi stampato nel 1718., e in una lettera particolare scritta all'Abbate Conti Veneziano. Giacomo Ermanno nella sua Foronomia, e in una dissertazione inserita nel tomo 1. de' Comentarj dell'Accademia di Pietroburgo uscito alla luce per la prima volta nel 1728.; il titolo d'essa è *De Mensura Virium*. Nello stesso tomo se ne vede un'altra *De Viribus Corpori moto insitris, & illarum mensura*, di Giorgio Bernardo Bulfingero; e due di Nicola, e Danielle Bernoulli col titolo *De Motu Corporum ex percussione; Examen principiorum Mechanica*. Niente inferiore a queste è quella di Cristiano Wolfio nel tomo stesso intitolata *Principia Dynamica*. Quest'Autore pretende ancora dimostrare la misura delle forze Leibniziana nel c. 7. della sua Meccanica al Teorema 49. Diffusamente ancora ne parla nella sua Fisica lo s' Gravesande nel tomo 1. ediz. 3. lib. 2. part. 1. cap. 2. 3.; e nella Repubblica delle Lettere all'anno 1733. Pietro Musschenbroek anch'egli nella sua Fisica stampata nel 1739. al tom. 1. cap. 6. 12. molte cose unisce per potere stabilire l'opinione di Leibniz. A questi meritamente aggiugner si deve Bernardo Zendrini Matematico della Repubblica Veneta, nel suo celebre trattato *Delle Leggi, e Fenomeni delle acque correnti*, uscito alla luce nel 1741., e la Signora Marchese di Chastellet nell'ultimo capo del primo tomo delle Istituzioni Fisiche, che diede alla luce in Parigi nel 1740.

452. Non minori fautori ha trovate l'antica opinione sostenuta dal

dal Galileo, Borelli, Cartesio, ed altri. Tra questi oltre Catalano, e Papino si numera Errico Pemberton Inglese nella sua lettera contro la sperienza di Poleni, scritta al Dottore Mead, che fu tradotta dopo il suo Saggio della Filosofia Newtoniana, stampato a Venezia nel 1733. per opera del P. D. Gian-Bernardo Pisenti Chierico Regolare Somaasco. A questa lettera rispose il Poleni con una particolare dissertazione, il di cui estratto si vede ivi dello stesso traduttore del Saggio; si vedono ancora ad essa annesse alcune illustrazioni del traduttore, e un argomento, che è dello stesso Newton, come ne avvisa lo stesso Pemberton nella prefazione al suo Saggio. Pietro Varignon anch'esso in molti luoghi delle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze siegue l'antica misura delle forze, e con esso il Fontanelle nella storia premessa a ciascun moto delle Memorie. Il P. Abate Grandi Camaldolese nella sua Meccanica stampata in Firenze nel 1739. Samuele Claarke nato a Norkich in Inghilterra nel 1675. e morto nel 1729. nel tomo 1. *De Recueil des diverses Pieces*, Amsterdam 1720. e in una dissertazione posta nelle Transazioni d'Inghilterra dal 1720. al 1730. Giovanni Eames anch'esso in una dissertazione inserita nello stesso luogo delle Transazioni. Il Cavaliere de Louwille nella dissertazione posta al tomo del 1721. delle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze. Il P. D. Giovanni Crivelli C. R. Somaasco nella sua dissertazione diretta all'Abbate Conti. Il celebre Hausen Professore di Matematica a Lipsia nella dissertazione *De Viribus Motricibus*. Dortone Mairan nella compiuta dissertazione della misura delle forze posta nelle Memorie del 1728., e di nuovo stampata a parte nel 1741. con una lettera di risposta alla dissertazione di Chastellet, alla quale questa erudita dama risponde con un'altra lettera stampata lo stesso anno a Brusselles, e inserita dopo la dissertazione sulla natura del fuoco stampata a Parigi nel 1744. A tutte queste meritamente aggiungiamo la dissertazione *De Viribus Corporum, quae moventur* stampata in Napoli nel 1741. da Pietro de Martino Real Professore d'Astronomia, nella quale espone con nuovo metodo, e chiarezza dimostrativamente la sentenza Newtoniana intorno all'antica misura delle forze.

453. Premessa una breve Storia dell'origine, e progressi di questa celebre questione meccanica a giorni d'oggi, per poter stabilire qualche cosa di certo su questo punto, è necessario di separare quello che è dubbioso, da ciò in cui tutti unanimamente convengono.

454. *Forza matrice* è tutto quello, che si trova in un corpo, quando questo produce qualche effetto in se stesso, o fuori di se stesso. Perciò la forza ne' corpi deve concepirsi come una Potenza in essi, che quando opera, si dice causa di quell' effetto, che da essa è prodotto. Cadendo un corpo grave da un' altezza, acquista per la propria gravità una nuova energia, colla quale può produrre fuori di se un effetto maggiore di prima. Questa celerità acquistata da esso si chiama effetto della gravità, che viene da essa prodotto nel corpo stesso. Se poi colla celerità ricevuta, cadendo sopra la creta ci produca una fossa, si dirà allora tale celerità una nuova Forza, o Potenza nel corpo, e la fossa scavata si chiamerà effetto di questa nuova forza.

455. L' *effetto* prodotto da qualunque forza può essere di tre specie solamente; o deve essere qualche *Resistenza* superata, o *Velocità* prodotta, o *Spazio* descritto. Fuori di questi effetti non ne trovo altri, che siano prodotti da' corpi. Alle volte ce n'è un solo, spesso due, e ancora tutti e tre insieme. Il corpo A spinga il corpo B, se trova una resistenza uguale, tutta la sua forza l'impiegherà solamente a superare la resistenza; ma se questa è minore della forza impiegata dal corpo A, allora comunicherà al corpo B qualche velocità, ed egli con quella, che gli resta descriverà uno spazio determinato. Nel primo caso, l'effetto della forza A è la resistenza, che vince; nel secondo caso è la resistenza vinta, la celerità data, e lo spazio, che descrive. Ma se il corpo A non trovasse alcun altro corpo, allora l'effetto intero della forza sarà solamente quello spazio, che percorre; questo accaderebbe in un luogo perfettamente vuoto.

456. Pretende Dionisio Papino negli Atti di Lipsia del 1691., che lo spazio descritto da un corpo non possa realmente dirsi effetto della forza matrice; perchè quando un corpo si muove nel vuoto deve §. 259. perpetuamente muoversi, e perciò descrivere uno spazio infinito, il quale sarebbe effetto di una forza finita, lo che è impossibile; onde per esso ogni effetto deve supporre qualche resistenza, ovvero ostacolo. Meritamente però lo riprende il Wolfio ne' Principj Dinamici sopra citati, osservando nel §. 14., che ciò è contro il senso comune. Chi mai dirà, che un uomo il quale trasporta un corpo da un luogo in un altro, realmente non produca qualche effetto; lo stesso dunque si deve dire d'un corpo, che trasporta se stesso. Nell' uno e l'altro caso si deve prima superare la propria inerzia, e quindi nasce il trasporto. E di fatto tutto ciò che di nuovo osserviamo in

natura, si chiama un nuovo effetto; dunque il descrivere qualche spazio, che fa un corpo, si chiamerà effetto prodotto dalla forza motrice. Quanto poi alla difficoltà, che una causa finita produrrebbe un effetto infinito, non c'è alcuno assurdo, quando questa causa operi in un tempo infinito, come vedremo in appresso.

457. Dalla dottrina poco fa esposta si ricava, che tre specie d'effetti possiamo distinguere; *nocenti*, *innocenti*, e *favorevoli*. Quando la forza d'un corpo l'obbliga a superare qualche resistenza, o comunicare velocità a qualche altro, l'effetto allora è nocivo, perchè pregiudica, o diminuisce la forza. Quando il corpo si muove nel voto, l'effetto è innocente, perchè niente di forza perde il corpo. Quando questo cade da qualche altezza, l'effetto è favorevole, perchè acquista una velocità determinata, e perciò accresce la sua forza naturale.

458. Si deduce inoltre, che sono di due sorte le forze ne' corpi. La prima è forza *costante*, o *uniforme*, che resta sempre la stessa; e per lo più è *estrinseca*, o *comunicata* al corpo; di questa specie sono tutti gl'impulsi, che diamo al medesimo, i quali resterebbero sempre gli stessi detratte le resistenze esteriori. La seconda si può chiamare forza *variabile*, *acceleratrice*, o *inerente*, come la forza di gravità, d'attrazione ec., che dà continuamente nuovi impulsi a' corpi.

459. Ogni forza innata, se viene impedita nell'operare, ciò non ostante produce nel corpo uno sforzo determinato, che viene detto *pressione*. Di tal natura è la pressione, ch'esercitano tutt' i corpi, quando stanno sopra un piano orizzontale, che sostentando il loro peso gl'impedisce discendere. Ma se leviamo il piano orizzontale, allora il corpo attualmente cadendo riceverà tanti impulsi dalla propria forza di gravità, che arrivato a terra, troveremo la sua forza sensibilmente accresciuta. Questa è stata chiamata dal Galilei, da Evangelista Torricelli suo discepolo, da Renato Cartesio, e da Alfonso Borelli *forza di percussione*, la quale paragonata colla pressione è infinita a parere di questi celebri autori. Anzi il Cartesio nella lettera 74. della prima parte scritta al Padre Merfeno la chiama *eterogenea*, cioè di specie diversa, e perciò non paragonabile colla pressione, come una linea, con una superficie. Dello stesso parere è il Borelli nel trattato *De Vi Percussionis cap. 33. varr. 199.* dell'Edizione di Leiden 1686.

460. Meritamente hanno eio detto; perchè la pressione è infinitamente piccola, cioè il primo elemento della forza, che acquista-

no

no i corpi cadendo; onde tra la pressione, e la forza della persona c'è la falsa ragione, che tra l'infinitesimo, e il finito. Si può ciò non ostante opporre, che se la pressione fosse infinitesima, un corpo pesantissimo potrebbe essere sostenuto da un sottilissimo filo ugualmente, che un corpo leggero; perchè la coerenza delle parti del filo quantunque piccola è sempre finita rispetto alla pressione, che è infinitesima. A questo però si risponde, che la pressione è infinitesima rispetto alla forza, che acquisterebbe un corpo nel discendere; ma in se stessa però è una quantità finita, cioè proporzionale alla massa del corpo, e alla prima velocità iniziale, che la gravità dà al corpo. Perciò può essere molto maggiore della coesione d'un filo. Se qualcuno dimanda, perchè alcune corde, o piani orizzontali sostenendo pesi considerabili non si spezzano immediatamente, ma dopo qualche spazio di tempo, si risponde, che la pressione prima esercitata da essi per superare la coesione delle parti della corda è minore di questa; ma ciò non ostante obbliga la corda a distendersi, o il piano su cui appoggiano a cedere un poco; quindi il corpo pesante attaccato alla corda, o appoggiato sopra il piano, descrive uno spazio, e con ciò acquista della velocità, per cui §. 454. s'accresce la sua forza, e perciò si stende più la corda, a cui è attaccato, onde è obbligato di nuovo a percorrere uno spazio, e acquistar così nuova forza. Andando di questo passo, a poco a poco supera tutta la coesione; e finalmente si spezza d'improvviso la corda, o cede la tavola, su cui stava appoggiato il corpo pesante.

461. Posti tali preliminari non è difficile, qualunque specie di forza sia, morta, o viva, uniforme, o variabile, dimostrare la seguente verità. *Qualsivisa forza è proporzionale all'effetto prodotto; ma però siegue la ragione contraria del tempo, in cui opera.* Imperocchè la forza motrice qualunque siasi, è reputata come causa §. 454.; ma ogni effetto è proporzionale alla causa; di modo che, se questa sarà due volte maggiore, ancora l'effetto sarà doppio, se tripla è la causa, triplo sarà l'effetto. Di più lo stesso effetto è proporzionale al tempo, in cui la forza agisce; perchè se restando la stessa forza, opera questa in maggior tempo, anche l'effetto, che produce sarà maggiore. Perciò ogni effetto è proporzionale all'intensità della causa, e al tempo, in cui è prodotto. Onde essendo l'effetto direttamente come la causa, e il tempo, ne siegue che la causa sarà direttamente come l'effetto, e in ragione contraria del tempo, in cui lo produce. E di fatto quanto mag-

maggiore è l'effetto prodotto, tanto più efficace deve essere la causa, ma se questa tarda ad operare, e più tempo impiega, più debole ancora viene giudicata, meno tempo impiega, è segno, che ha maggiore attività.

462. Quindi osserviamo tutto giorno, che un effetto considerabile sarà prodotto da una causa debolissima, perchè questa avrà impiegato molto tempo nell'operare. Così una goccia d'acqua cadendo più volte sopra una pietra, finalmente la buca. Per superare la coesione delle parti d'una pietra, si ricerca una forza considerabile, ma basterà ancora la debole, se impiega molto tempo. Così ancora un inesperto artista arriva a fare quello, che fa un valente artefice, se ci sta più tempo. Da ciò apparisce come uno spazio infinito possa essere effetto d'una piccolissima forza nel voto §. 456., perchè questa opera in un tempo infinito; e perciò equivale ad una forza infinita, che si ricercherebbe per descrivere uno spazio infinito.

463. Per giudicare adunque delle forze corporee è necessario non solamente considerare l'effetto da esso prodotto, ma ancora il tempo, in cui operano. Dal non voler considerare il tempo ove si ricerca, è nato, che li Leibniziani in più casi hanno trovate le forze de' corpi come il quadrato della velocità moltiplicato nella loro massa. Col Teorema di sopra esposto §. 461. *Si dimostra l'antica maniera di valutare le forze dalla massa, e velocità, e si sciolgono le obbiezioni, che possono farsi.*

464. Imperocchè ogni effetto deve essere proporzionale alla causa, che lo produce, quando il tempo è lo stesso §. 461. La forza di qualunque corpo dipende dalla massa, che ha, e dalla sua energia, o velocità comunicatagli. Perchè ogni corpo di natura propria è inerte, come abbiamo dimostrato nella Sezione 3. e perciò tutta la forza de' corpi dipende dal loro moto, cioè dalla massa, e velocità §. 336. Dunque la forza prodotta in un corpo da qualunque causa sia §. 458. sarà come la *massa* del corpo, che la riceve, e la *velocità*, che gli comunica. Fuori di queste due cose non truovo altro nel corpo, che si muove; se pure non vogliamo ammettere le Monadi di Leibnizio, o certe forze motrici immaginarie in ciascuna particella della materia, contro ciò che abbiamo dimostrato ne' §§. 35. 237. Se dunque la forza d'un corpo dipendesse dalla massa, e dal quadrato della velocità, questa forza dipenderebbe in parte dal nulla; perchè nel corpo non ci è altro di reale, che la sua massa, e l'energia comunicatagli, la

quale cresce certamente più tempo sta ad operare la causa movente; ma sempre è proporzionale alla velocità, che gli comunica in un dato tempo.

465. Troviamo non ho dubbio, che nelle acque correnti la loro forza si misura, non computando la massa, dal quadrato della velocità, con cui si muovono. Ma questo argomento è più tosto contrario a' Leibniziani. Maggiore è la velocità dell'acqua, che corre, maggior quantità d'acqua corre nel tempo stesso per lo dato canale; perciò essendo la massa in questo caso proporzionale alla velocità, e la forza come la massa, e la velocità moltiplicate, ne viene in conseguenza, che la forza delle acque correnti può derivarsi ancora dal semplice quadrato della velocità. Se fosse vera la sentenza de' Leibniziani, siccome la forza è come la massa moltiplicata nel quadrato della velocità, farebbe la forza come il cubo della velocità, che è contro la sperienza. Le ragioni, che portano i Leibniziani per comprovare il loro assunto dipendono dalle matematiche; perciò le riserviamo al capo che viene.

C A P O XI.

*Forze de' Corpi matematicamente.*

466. **P**rima d'entrare nella discussione delle obbiezioni, è necessario esporre il Teorema fondamentale §. 461. e alcune altre dimostrazioni de' Newtoniani a favore degli antichi.

P R O P O S I Z I O N E XIV.

*Ogni forza movente è come l'effetto, che produce, direttamente, e il tempo in cui opera, inversamente.*

467. **L**A forza si chiami  $f$ , l'effetto  $e$ , il tempo  $t$ . Abbiamo  $e : f t$  §. 461.; dunque sarà ancora  $f : \frac{e}{t}$ . Come dovea dimostrare.

468. Supponiamo ora, che l'effetto prodotto dalla forza sia sempre lo stesso, essendo  $e = 1$ , cioè potendosi riputare come uno, perchè è sempre lo stesso, farà  $f : \frac{1}{t}$ , cioè la forza inversamente come l'effetto. Così se un artefice nel fare la stessa opera più volte, oggi impiega meno tempo di domani, concludiamo che oggi ha più forza del  
gior-

giorno appresso. Se  $t=1$ , farà  $f: e$ ; cioè se il tempo, in cui opera una forza è sempre lo stesso, farà la forza proporzionale all'effetto, che produce.

469. Supponiamo, che un'altra forza sia  $F$ , il suo effetto  $E$ , il tempo impiegato  $T$ ; avremo ancora  $F: f:: (E: T): \frac{e}{t}$ .

470. Si muova un corpo nel vuoto con una piccola forza, l'effetto prodotto, cioè lo spazio percorso è infinito, e il tempo, che c'impiega è infinito; perciò essendo  $f: \frac{e}{t}$ , farà la forza come un infinito diviso per un infinito, e perciò la forza sarà finita §. 96.

471. Se l'effetto sarà solamente lo spazio percorso da un corpo, avremo  $f: \frac{e}{t}$ ; onde essendo per lo Teorema ottavo §. 340.  $\frac{e}{t} = c$ ; farà parlandosi dello stesso corpo  $f: c$ . Onde la forza d'un corpo, che si muove con moto equabile; sarà proporzionale alla velocità, che ha; e perciò non può essere uguale al suo quadrato, come pretendono i Leibniziani. Lo stesso si può dimostrare ancora, quando un corpo urta in un altro, purchè si consideri solamente la forza, che gli resta dopo l'urto. Ma se la forza supera una resistenza, comunica velocità a qualche corpo, e di più obbliga il corpo, in cui è a descrivere qualche spazio; chiamando la resistenza  $r$ , la celerità comunicata  $c$ , l'intero effetto di questa forza sarà  $rcs$ ; e perciò avremo  $f: \frac{rcs}{t}$ .

472. Sia data qualunque forza, che produca qualche velocità nel corpo, o fuori d'esso; qualunque sia la variazione, che riceve la celerità, potrà sempre questa riputarfi costante, se si considera nel primo momento di tempo §. 378. In questo caso essendo  $e: c$  sarà ancora  $f: \frac{e}{t}$ ; ma  $c$ , uguale  $\frac{e}{t}$  §. 340. 379., dunque  $f: \frac{e}{t}$ . Dalla quale equazione si ricava uno de' Teoremi fondamentali per le forze centrali. *Qualunque forza su'l principio del moto è direttamente come lo spazio descritto, e inversamente come il quadrato del tempo.* Questo è il corollario quarto del Lemma 10. Sez. I. lib. I. de' Principj Matematici di Newton. Si noti però, che in questo caso  $s$ ,  $t$  sono infinitamente piccoli.

473. Si debbano ora paragonare le forze di due corpi. chiamandosi la massa del primo  $Q$ , del secondo  $q$ ; avremo secondo il Teorema delle forze  $F: f:: (QE: T): \frac{e}{t}$ .

474. Stabilito il Teorema fondamentale intorno le forze de' corpi, principalmente per sciogliere le obbiezioni de' Newtoniani, resta ora che prima dimostriamo, come la forza di qualunque corpo deve misurarsi dalla semplice velocità.

## P R O P O S I Z I O N E X V .

*Ogni forza movente è proporzionale alla massa, che ha il corpo, e alla velocità con cui si muove.*

## P R I M A D I M O S T R A Z I O N E .

475. **Q**Uando due corpi hanno le masse reciproche alle velocità, hanno ancora uguale moto §. 356. e nell'urto si devono fermare §. 411. come la stessa esperienza c'insegna. Dunque in essi non solo non ci resterà più alcun moto, ma resteranno ancora distrutte le loro forze, altrimenti seguirebbero a muoversi. Ma se le forze si ripetessero da' quadrati delle velocità, dovrebbero anche questi essere reciproci alle masse; dunque le velocità avrebbero la stessa ragione de' loro quadrati. Questo è contro la Geometria, ove si dimostra, che i quadrati sono in ragione duplicata de' lati, non in ragione di uguaglianza; dunque è assurda l'ipotesi de' Leibniziani; e perciò le forze devono misurarsi dalle semplici velocità, e dalle masse.

## S E C O N D A D I M O S T R A Z I O N E .

476. **Q**uesta dimostrazione, che è del celebre D. Gaetano Margaglia nella nuova difesa dell'antica misura delle forze motrici stampata in Verona nel 1746. si propone in questo modo. Siano tre corpi elastici uguali  $F, A, L$ ; e i due  $F, L$  con velocità uguali,  $FA, LA$  urtino il corpo  $A$ ; prolungandosi queste linee in  $D, B$  dimodochè  $AD, AB$  siano uguali tra loro, e alle linee  $AF, AL$ ; è chiaro §. 421. che il corpo  $A$  descriverà la Diagonale  $AC$  del quadrato. Si misurino ora le forze secondo il metodo antico, unendo i punti  $F, L$ , e prolungando  $CA$  in  $E$ , le due velocità  $FA, LA$  faranno sciolte nelle laterali  $FE, EA, LE, EA$ ; ed essendo  $FE = LE$  per la natura del quadrato  $LAF$ ; queste due velocità si distruggeranno quando i corpi  $F, L$  urtando  $A$ , s'istrano ancora tra loro. Onde ambedue comunicheranno al corpo  $A$  solamente la velocità  $2AE = AC$  per la natura del quadrato. Cid è conforme alla esperienza, e i globi  $F, L$  ribalzeranno per l'Elastico colle

Tav. 7.  
Fig. 7.

colle velocità AN, AM uguali alle prime EF, EL, colle quali si sono urtati. Si misurino ora le forze per gli quadrati delle velocità. Effendo le tre linee FE, EA, EL uguali tra loro, la forza di F s' esprimerà per  $2\overline{AE}^2$ , e la forza L parimenti per  $2\overline{AE}^2$ ; onde la forza intera de' corpi F, L avanti l'urto sarà  $4\overline{AE}^2$ . Dopo l'urto i corpi elastici riflettono in N, M colle velocità AM, AN uguali alle velocità EF, EL che nell'urto si distrussero; onde amendue le forze di essi si esprimeranno per  $2\overline{AE}^2$ . La velocità del corpo A dopo l'urto sarà AC uguale  $2\overline{AE}$ ; onde la sua forza sarà  $4\overline{AE}^2$ ; la quale unita alle forze de' corpi F, L dopo l'urto darà  $6\overline{AE}^2$ ; e perciò si troverà questa forza, che prima era  $4\overline{AE}^2$  accresciuta senza alcuna nuova causa contro la legge prima del moto. Dunque le forze devono misurarsi dalle semplici velocità.

TERZA DIMOSTRAZIONE.

477. **U**N corpo molle, che ha 1 di massa, o di peso, con velocità 8 urti in un corpo ad esso uguale, e quieto; amendue dopo l'urto si muovono, come l'esperienza, e la teoria insegna nella Dinamica, con velocità 4 per ciascheduno. Misurando le forze dalle semplici velocità, saranno queste dopo l'urto come  $1 \times 4 + 1 \times 4$ ; cioè 8, come erano avanti l'urto. Ma se le misuriamo dal quadrato della velocità sono avanti l'urto  $8 \times 8 = 64$ ; dopo l'urto  $16 + 16 = 32$ ; dunque nell'urto s'è perduta la metà della forza, contro ciò che stabiliscono i Leibniziani, i quali vogliono, che la quantità di moto si diminuisca, ma le forze restino le stesse, prima, e dopo l'urto. Qui accade tutto al contrario, il moto resta sempre lo stesso, la forza si minora. Dunque non è coerente a se stesso il nuovo modo di misurare le forze. Collo stesso metodo secondo le regole, che daremo in Dinamica, se la massa del primo sia 2, la velocità 4, la massa del secondo 2 la velocità nulla; dopo l'urto andrà ciascuno con velocità 2; e perciò la forza avanti l'urto secondo i Leibniziani era 32; dopo l'urto si troverà 16, onde la forza s'è diminuita di nuovo per metà; ma il moto resta sempre lo stesso, cioè avanti l'urto era 8, dopo l'urto 8. Se la massa del primo e del secondo cresca del doppio, e diventi 4, e urti l'altro quieto con la velocità 2, e perciò due volte minore di prima; la forza prima dell'urto era 16, dopo l'urto trovandosi colla stessa regola, che si muovono con la velocità 1, la forza

za

za d'entrambi sarà  $4 + 4 = 8$ ; e perciò di nuovo per metà diminuita, mentre la quantità del moto resta 8 come prima. Andando di questo passo crescendo la massa del doppio, e diminuendo del doppio la velocità del corpo, che urta, diminuiremo la forza dopo l'urto in infinito, e resterà ciò non ostante la stessa quantità di moto; ma questo è assurdo, perchè il moto è effetto della forza motrice; dunque è contraria alla ragione la sentenza de' Leibniziani.

## QUARTA DIMOSTRAZIONE.

478. Sia un globo A, che cada dall'altezza AC, e debba determinarsi la forza da esso acquistata in B, e in C. Supponendo, come in appresso dimostreremo, che la gravità acceleri uniformemente i corpi, colla forza acquistata in B risalirebbe a doppia altezza BA, e con quella in C a due volte CA §. 391. se nel risalire perdesse tutta la gravità, nè la resistenza dell'aria gli ostasse. Dunque l'effetto della forza ricevuta in B sarà  $2AB$ , quello di C,  $2AC$ . I tempi, che impiegherebbe a risalire sono espressi per  $\sqrt{AB}$ ,  $\sqrt{AC}$  §. 393. Perciò se la forza in B si chiami  $f$ , in C si dica  $F$ ; avremo per la Prop. 14.  $f : F :: (2AB : \sqrt{AB}) : (2AC : \sqrt{AC})$ . Ma il quadrato diviso per lo suo lato, dà lo stesso lato: così  $\frac{2^2}{2} = 2$ ,  $\frac{2^2}{2} = 2$  §. 311.; dunque  $AB$  diviso per la sua radice  $\sqrt{AB}$ , darà  $\sqrt{AB}$ ; e perciò farà  $f : F :: \sqrt{AB} : \sqrt{AC}$ , dividendo per 2, gli ultimi due termini. Onde le forze acquistate in cadere, colle quali risalirebbe il corpo A, sono come le radici quadrate delle altezze, o de' spazj descritti, e perciò come le semplici velocità §. 393.

479. Lo stesso si può ancora dimostrare in questa maniera. Arrivato il corpo A in B, descriva nel tempo infinitesimo, Bb, arrivato in C nello stesso tempo faccia Cc, che farà maggiore. Essendo i tempi uguali, farà  $f : F :: Bb : Cc$  §. 468. Ma chiamandosi  $c$  la velocità in B, e C quella avuta in C; avremo ancora  $c : C :: Bb : Cc$  §. 379. 343. dunque  $f : F :: c : C$ ; e perciò le forze acquistate sono come le velocità, colle quali scende.

480. Molte altre dimostrazioni si potrebbero fare per l'antica misura delle forze, le quali omettiamo, perchè alcune d'esse si proporranno nella esposizione delle obbiezioni.

481. Il primo argomento a favore delle forze vive come il quadrato della velocità, e del Leibniz negli Atti di Lipsia del 1686. che

così

Tav. 4.  
Fig. 7.

così la discorre. Ugual forza si ricerca per innalzare il corpo A all'altezza EA di 4 piedi, che il corpo B di libbre 4 all'altezza DB d'un piede. Di più l'esperienza c'insegna, che se i due corpi A, B saranno elastici, cadendo dalle altezze AE, BD sopra i piani EC, DF, detratta la resistenza dell'aria, risaliranno in A, e in B. Dunque il corpo A cadendo dalla AE ha acquistato tanta forza da poter elevare se stesso, cioè una libra, ad altezza 4; e il corpo B tanta da innalzare se stesso, cioè libbre 4 ad altezza 1; perciò nel discendere amendue i corpi hanno acquistata ugual forza. Ma queste forze non si trovano uguali, che prendendole proporzionali a' pesi e all'altezze; e perciò a' quadrati delle velocità §. 392, dunque la stessa ragione seguiranno le forze. Il prodotto di A, che è 1, nell'altezza AE, che è 4, sarà 4; quello di B, che è 4, in BD, che è 1, sarà parimente 4; e perciò le forze sono uguali. Ma se queste si misurano dalle velocità, essendo come le radici delle altezze §. 393. la forza di A sarà 2, quella di B sarà 4; e perciò non uguali, come devono essere. Dello stesso argomento si serve il Wolfio nel Teorema 49. della sua Meccanica.

Tav. 4.  
Fig. 9.

482. All'argomento rispondiamo, che ci vuole ugual forza per alzare peso 1 ad altezza 4, e peso 4 ad altezza 1, quando ciò si debba fare nel tempo stesso; ma se al primo è concesso due volte più tempo per alzare peso 1, basterà allora, che impieghi la metà meno di forza del secondo. Ciò tutto giorno osserviamo; operaj forti in poco tempo faticano molto; operaj deboli in molto tempo fanno lo stesso de' primi. Ad ogni passo nella Statica insegneremo il modo d'elevare gran pesi con pochissima forza, ma con molto dispendio di tempo; e in ciò sono fondate tutte le macchine. Ora il globo A nello scendere ha acquistata una forza proporzionale alla sua velocità, cioè alla radice di AE; il tempo, che impiegherà a risalire, essendo lo stesso §. 393. che ci ha posto a discendere s'esprimerà ancora per  $\sqrt{AE}$ ; onde la sua forza 2 adoperandola in tempo 2, equivalerà a forza 4 §. 462. e perciò sarà la stessa, che quella di B, il quale risale in tempo 1; perchè  $\sqrt{BD} = \sqrt{1}$ . La forza però reale acquistata dal corpo A, sarà per la Prop. 14;  $AE \propto A: \sqrt{AE} = A \propto \sqrt{AE} = 2$ ; quella di B sarà  $BD \propto B: \sqrt{BD} = B \propto \sqrt{BD} = 4$ . Supposta la misura delle forze Leibniziana, ne seguirebbe, che la gravità nel salire non sarebbe più proporzionale alla massa, o costante contro il §. 401. Supponiamo AE di 9 piedi, il corpo A nello scendere

dere descriverà gli spazj, o le parti di  $AE$ , che faranno come 1, 3, 5 §. 394. dunque nel risalire gli spazj distrutti dalla gravità dovranno essere come 5, 3, 1 §. 397. e perciò nella stessa proporzione sarà la gravità, onde non più costante.

483. Il secondo argomento lo fa s'Gravesande nel §. 750. e seg. della Fisica terza ediz. Esprima  $Ax$  il tempo, in cui opera qualche forza; per esempio più corpi elastici, o molle per ispingere qualche corpo verso qualche luogo. Si divida ne' tempi infinitesimi  $Ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ ,  $ec$ . in ciascuno d'essi la forza sarà morta, e non viva, perchè opera in tempi infinitesimi; e perciò proporzionale alla velocità, che in essi acquista. Siano queste successive velocità, o forze acquistate, espresse per  $bo$ ,  $cr$ ,  $ds$ ,  $ec$ . e l'ultima per  $xz$ . Dunque tutta la forza acquistata nel tempo  $Ax$  s'esprimerà col triangolo  $Axz$ , che è la somma di tutte le celerità avute in ciascuna particella di tempo. Ma secondo la prop. 20. del *lib. 6.* d'Euclide,  $Axz : Ads :: \bar{xz}^2 : \bar{ds}^2$ ; Dunque la forza acquistata in  $d$ , a quella acquistata in  $x$  sarà come il quadrato della velocità in  $d$ , a quello della velocità in  $x$ . Per concepire come la forza in ogni tempo infinitamente piccolo cresce, conviene ripettere, che non può essa comunicare al corpo il secondo grado di velocità  $cp$ , se non si muove ancora essa con un grado di velocità, per potere andar appresso al corpo, che già ha ricevuto il grado primo  $bo$ . Quindi per comunicare al corpo il secondo grado  $cp$ , si ricerca, che la forza sia doppia; per comunicare il terzo tripla, il quarto quadrupla  $ec$ . onde meritamente abbiamo supposta la velocità intera del secondo momento  $cr$ , del terzo  $dsec$ . Così ancora osserviamo, che se un corpo comunica a un altro un grado di velocità, e poi seguita a muoversi appresso il primo, per dargli il secondo grado, deve muoversi con due gradi di velocità; perchè se si movesse con un solo, andando colla stessa velocità del primo non potrà mai comunicargli il secondo.

484. All'argomento di s'Gravesande rispondiamo, che sebbene per comunicare a un corpo il secondo grado di moto si ricercasse forza 2, per dargli il terzo forza 3  $ec$ . ciò non ostante la forza non sarebbe mai come il quadrato della velocità, ma proporzionale all'intero effetto prodotto. In tale supposizione si ricerca forza 2 per dare il secondo grado al corpo, perchè il corpo ha già velocità 1, e perciò cammina con un grado di velocità, onde consuma ancora la forza un grado di velocità nell'inseguirlo; così ancora nel secondo momento

il

Tav. 4.  
Fig. 10.

il corpo ha 2 gradi di velocità, e perciò la forza per sopraggiungerlo deve anche essa consumarne 2, ec. Onde se vogliamo considerare tutto l'effetto, chiamandolo  $e$ , la forza  $f$ , lo spazio da essa descritto  $s$ ; la velocità comunicata  $c$ , il tempo  $t$ ; avremo per la prop. 14. di sopra esposta  $e = cs$ ; onde  $f = \frac{e}{t}$ ; ma lo spazio descritto dalla forza è in questa ipotesi come la celerità; dunque  $s : c$ , onde  $f = \frac{e}{t}$ ; ma la celerità viene comunicata al corpo in proporzione de' tempi infinitesimi  $Ab$ ,  $bc$  ec. dunque  $c : t$ ; e perciò  $f = \frac{e}{t} = c$ ; cioè la forza sarà proporzionale alla velocità comunicata. Lo stesso troveremo se si considerano i triangoli  $Ads$ ,  $Axz$ ; esprimendo questi l'effetto, e le linee  $Ad$ ,  $Ax$ , i tempi, che impiega la forza ad operare; se la forza per  $Ax$  si chiami  $F$ , avremo  $F : f :: (Axz : Ax) : (Ads : Ad)$ ; e perciò  $F : f :: xz : ds$ , cioè le forze acquistate faranno come le velocità.  $(Axz : Ax) = xz$ , perchè un rettangolo diviso per un suo lato, dà per quoziente l'altro; onde ba esprimendo un rettangolo, abbiamo  $\frac{ax}{x} = a$ , e ancora  $\frac{bx}{x} = b$ .

485. Ma il fatto è, che la velocità ricevuta dal corpo dopo il tempo  $DA$ , s'esprime per  $ds$  solamente, a motivo che dopo 3 tempi il corpo non riceve che tre gradi; gli altri sono distrutti dallo spazio, che descrive la forza. Perciò malamente viene esposta la velocità per lo triangolo  $Ads$ , il quale come abbiamo veduto parlando della gravità de' corpi §. 390. esprime lo spazio descritto. Così ancora la velocità acquistata dal corpo, dopo il tempo  $Ax$ , sarà  $xz$ , non già il triangolo  $xAz$ .

486. Tutta questa risposta, e la difficoltà ha luogo, quando la forza, che dà la velocità, è estrinseca al corpo; ma non già se sia forza interna, e dentro la massa del corpo; in tal caso opera questa continuamente, e va colla stessa massa; onde non è obbligata di descrivere, se non quello stesso spazio, che essa obbliga il corpo a percorrere. Perciò in tal caso la forza comunica solamente velocità al corpo, e niente altro. Ciò appunto accade ne' corpi gravi cadenti, i quali sono stimolati a scendere dalla loro forza gravitante.

487. Il terzo argomento lo fa s'Gravesande nel *lib. 2. cap. 13. §. 1340*. Ci siano più molle uguali di forza, che successivamente dilatandosi comunichino al corpo  $A$  in tempi uguali gradi uguali di velocità espressi per le linee  $Ab$ ,  $bc$ ,  $cd$  ec. Dopochè il corpo  $A$  ha ricevuto il primo grado di velocità  $Ab$ , camminando con questa la molla seconda deve impiegare altrettanto di velocità per raggiungerlo;

perciò per conferirgli il secondo grado di velocità bc, si ricercano due molle; così per dargli il terzo tre molle ec. Onde il numero delle molle sarà come i rettangoli Abog, bcrh, cdsi. Ma l'azione di queste è continua, e non interrotta; dunque diminuendosi in infinito questi rettangoli, le linee Agohrisltmunz, degenereranno in una linea retta Az; e perciò la forza intera sarà espressa col triangolo Axz, il quale essendo come il quadrato della velocità Ax, apparisce, che nella stessa ragione era la forza delle molle. Poco di versoda questo è l'argomento fatto da Pietro Musschenbroek nel Saggio di Fisica Tomo 1. c.6. §186. Suppone egli, che Ax rappresenti i tempi, ne quali opera una forza inerente, come la gravità in qualche corpo cadente, e le ordinate bo, er ec. significhino le velocità. È chiaro §.391. che i triangoli Abo, Acr ec. rappresenteranno gli spazj descritti; i quali essendo come i quadrati delle velocità, ed effetti della forza inerente, apparisce, che anche questa deve essere come il quadrato della velocità.

488. La risposta all'argomento di s'Gravesande è la stessa, che quella data al §.484. La forza è sempre proporzionale all'effetto da essa in un dato tempo prodotto, se questo è la velocità solamente, sarà come la velocità; se la velocità è la resistenza, la forza sarà proporzionale all'uno, e all'altro insieme. Lo stesso si risponde a ciò che dice Musschenbroek la forza di gravità è costante §.401. la forza prodotta nel corpo dopo essere caduto è proporzionale all'effetto, che produrrà §.454. nell'uno e l'altro caso la forza è sempre come il quadrato della velocità.

489. Il quarto argomento sia quello di Giovanni Bernoulli nella dissertazione sulle leggi del moto, che si truova nella raccolta di molti trattati de' Signori dell'Accademia Regia Parigina, al c.9. Questi dopo 20. anni, che la sentenza Leibniziana era andata quasi in dimenticanza, col seguente raziocinio tornò a risuscitarla. Sia il globo C, che colla velocità CL urti obliquamente la molla L con 2 gradi di velocità. Per ispiegare questa molla si ricerchi 1 grado di celerità. L'angolo CLP con cui urta, sia di 30. gradi. Calato il perpendicolo CP, sarà questo uguale  $\frac{1}{2}$  CL = 1; perchè CP è seno dell'angolo CLP, e questo per la Trigonometria deve essere la metà del seno tutto CL = 2. Dunque il corpo C consumerà tutta la velocità CP = 1 per piegare la molla L, e colla restante velocità PL continuerà il suo moto. Per la 47. lib.1. Euclide  $CP^2 + PL^2 = CL^2$ ; 011-

Tav. 4.  
Fig. 11.

$\overline{CL}$ ; onde  $\overline{PL} = \overline{CL} - \overline{CP}$ ; Ma  $CL = 2$ ,  $CP = 1$ ; Dunque  $\overline{LP} = 4 - 1 = 3$ , e perciò  $PL = \sqrt{3}$ . Si faccia  $LM = PL$ , e in M ci sia una molla uguale alla prima L, che sia urtata dal corpo C. Calata la perpendicolare LQ, la velocità LM sarà risolta nella due laterali LQ, QM. Essendo  $LQ = 1$ , con questa velocità urterà nella molla M, e gli resterà ancora  $QM = \sqrt{2}$ . Perchè  $\overline{LQ} + \overline{QM} = \overline{LM}$ ; onde  $\overline{QM} = 3 - 1$ , e perciò  $QM = \sqrt{2}$ . Fatta  $MN = QM$  con questa velocità MN urti la terza molla N uguale alla prima L. Risolvasi MN nelle due componenti MR, RN, essendo  $MR = 1$ , farà  $RN = 1$ . Perchè  $\overline{MR} + \overline{RN} = \overline{MN}$ , onde  $\overline{RN} = 2 - 1$ , e perciò  $RN = 1$ . Onde colla velocità RN, ovvero NO urterà ancora la quarta molla O, dopo la quale perderà tutto il moto. Dunque il globo C, che aveva velocità 2, ha prodotto essendo in moto effetto 4; e perciò la sua forza deve essere come il quadrato della velocità.

490. Per concepire l'adequata risposta alla difficoltà del Bernoulli, è necessario riflettere ciò, che nel §. 409., e seguenti abbiamo dimostrato della composizione, e risoluzione del moto. La velocità CL, che ha realmente la palla C, è uguale a gradi 2; ma nel risolverla si concepisce nata dalla velocità CP, che è 1, dalla PL, che è  $\sqrt{3}$ , le quali unendosi a muovere il globo C s'elidono in parte §. 415., e la velocità composta non è  $\sqrt{3} + 1$ , ma più piccola, e uguale a gradi 2. Perciò non è maraviglia, che, sciogliendo la velocità CL nelle sue componenti, si truovi uguale a' gradi 4; realmente però queste velocità componenti non sono nel corpo, onde colla velocità 2 potrà piegare due molle solamente. Supponiamo ciò non ostante, come bene riflette il Sig. Marzagaglia nella dissertazione citata §. 476., al Capo 2, §. 27., che il globo C sia capace di piegare 4 molle; per ciascuna delle quali si ricerca un grado di velocità. La forza viva del globo C è proporzionale al numero delle molle secondo tutt' i Leibniziani; ma questo è come i gradi di velocità, che si ricercano a piegarle; dunque la forza viva è proporzionale alla velocità, non già al suo quadrato. Perciò la difficoltà di Bernoulli, è una dimostrazione dell'antica opinione.

491. Non avrei per altro alcuna difficoltà d' accordare al Bernoulli, che il globo C urtando sempre obliquamente le molle, potesse con velocità 2 spingerne più di 2; e la ragione mi pare manifesta. Quando la molla L si urta direttamente, allora fa resistenza 1 per ipotesi; ma se s' urta obliquamente, certo che farà minore resistenza ad aprirsi,

si, e perciò con meno d'un grado di velocità potrà aprirsi. Questo l'osserviamo tutto giorno negli urti de' corpi, se si comprimono per avanti, fanno una massima resistenza, se l'urto è obliquo, è minore; così ancora nell'elevare alcune molle proviamo minore resistenza, se si prendono lateralmente, che se si sforzano per diritto. In questa spiegazione ricercandosi minor forza d'un grado, per aprire la molla L; è chiaro, che il globo C più di due molle potrà spingere, e la sua forza sarà sempre proporzionale al numero delle molle, che apre, cioè alla velocità da esso consumata.

Tav. 7.  
Fig. 2. 492. In conferma di quello, che ora abbiamo esposto, fa il Signor Marzagaglia il seguente raziocinio. Sia la molla CD, per piegare la quale direttamente, si ricerchi velocità  $\sqrt{2}$ . Fatta CA perpendicolare alla CD, si risolva nelle componenti AB, BC ciascuna uguale ad 1; sarà per la 47 d'Euclide  $AC = \sqrt{2}$ , e con tale velocità il globo A supererà la molla CD. Si stabiliscano due altre molle NC perpendicolare alla forza componente BC, e la molla CO perpendicolare alla forza BA; levata CD, se per aprire direttamente ciascuna d'esse si ricerca 1 grado di velocità, e perciò per tutte due, gradi 2, è chiaro, che il globo A urtando solamente colla velocità  $AC = \sqrt{2}$ , potrà aprirle amendue; perchè la sua azione AC è obliqua rispetto alle molle CN, CO; onde queste fanno una resistenza minore di 2.

Tav. 8.  
Fig. 1. 493. Il quinto argomento è di Giovanni Bernoulli nel capo 13. della citata dissertazione §. 449, dove diffusamente espone la Teoria de' corpi elastici. Si prenda la molla abc, che per lo suo elaterio possa stendersi finochè faccia un angolo retto. Ponete l'ostacolo fisso a a, e dall'altra parte un ostacolo nel punto c uguale al primo; la molla tra questi compressa eserciterà uguale azione contro amendue; perciò la metà dell'azione andrà contro c, l'altra metà contro a a. In vece dell'ostacolo c, si ponga un'altra molla c d e uguale, e simile alla prima a b c; contro quella eserciterà la molla a b c, metà della sua forza; e così ancora la molla c d e, con mezza la sua forza urterà a b c, e con mezza l'ostacolo posto nel punto f. Dunque il globo f spinto da due molle, è come fosse spinto da una sola, perchè riceve solamente metà della forza. Lo stesso discorso si può fare, unendo più molle insieme per ispingere una palla. Perciò quando le molle si sforzano di aprirsi, la loro forza è sempre la stessa, qualunque sia il numero delle medesime, purchè siano tra loro simili, e uguali. Ma se in vece d'un corpo fisso si ponga il globo f, allora dilatandosi attualmen-

te le molle, la loro forza, che prima era morta, o una semplice pressione, mutandosi in forza viva, farà diversa secondo il numero delle molle. Onde essendo tutte uguali, e simili, se le molle *b*, *d*, *f*, *h*, *l*, *n*, *p*, *r* siano dodici, e i globi *f*, *t* uguali, se gli angoli *abc*, *cde*, *efg*, *ghi*, *ilm*, *mnoec* dell'apertura loro siano parimente uguali, la forza comunicata al globo *f*, farà a quella del globo *t*; come 2 : 12; cioè le forze faranno tra loro come il numero delle molle. Ma le forze morte erano uguali; dunque le forze morte, e le vive sono di gran lunga diverse. Cercando poi matematicamente le velocità impresse a' globi dalle molle, trova, che queste non sono come 2 : 12, ma come  $\sqrt{2}$  :  $\sqrt{12}$ ; quindi le forze vive, che hanno la stessa ragione del numero delle molle, faranno tra loro come i quadrati delle velocità. Tralascio la dimostrazione matematica di questo, perchè in essa non consiste la difficoltà.

494. Alla opposizione del Bernoulli si risponde, che è verissima la differenza, che passa tra la pressione, e l'impulso, come ancora noi abbiamo osservato §. 460. L'impulso, o la forza comunicata al globo dalle molle, è come il primo elemento, o la pressione moltiplicata nel tempo, in cui ciascuna si dilata; e da ciò nasce, che la forza comunicata sia come il numero delle molle. Ciascuna d'esse non si dilata in un istante, ma ricerca del tempo per ispandersi, e questo tanto è maggiore, quanto è maggiore il numero delle molle; se non si dilata il primo *cde*, non ha spazio il secondo *abc*, per dilatarsi; perciò se il primo ci mette un minuto secondo, tutti e due ce ne potranno due. Ma l'effetto è proporzionale alla forza moltiplicata nel tempo §. 467. dunque la forza impressa farà come la velocità iniziale ripetuta tante volte, quanto è il tempo impiegato dalle molle per aprirsi. Da questo però non siegue, che la forza viva sia come il quadrato della velocità, ma come la semplice velocità moltiplicata nel tempo, cioè come la somma di tutte le velocità iniziali. Se si concepissero le molle infinitesime, e infinite di numero, la loro espansione essendo infinitamente piccola, si potrebbero prendere gl'impulsi fatti in ciascuna espansione come costanti; e perciò la serie delle molle potrebbe paragonarsi colla forza di gravità, che accelera i corpi; onde siccome in essa abbiamo dimostrato, che la forza acquistata, è come la semplice velocità; così ancora in queste deve accadere.

495. Il sesto argomento è dello stesso Bernoulli nella dissertazione, *de vera notione virium vivarum*, che sta negli Atti di Lipsia del

Tav. 8.  
Fig. 3.

del 1735. Siano più molle uguali, e simili, tra due globi disuguali A, B; dilatandosi queste comunicheranno nel tempo stesso a' medesimi velocità, che saranno reciproche alle loro masse §. 351. Se dunque la massa del globo A si chiami A, la velocità ricevuta a; quella di B sia B, la sua velocità b; avremo  $A : B :: b : a$ ; onde  $Aa = Bb$ ; cioè le palle avranno moto uguale. Tra i due globi si darà un punto, che dividerà la loro distanza in ragione inversa de' pesi; sia questo il punto C; maggior numero di molle s' eserciterà contro B minore, che contro A maggiore, e il punto C, perchè spinto da uguali quantità di moto, starà quieto. Quindi avremo  $BC : AC :: A : B$ , ovvero come  $bca$ . Il globo A riceve la sua forza dal numero delle molle AC, e il globo B dal numero BC. La forza della palla A chiamisi K, quella di B, sia R; avremo  $R : K :: BC : AC$ . Onde avremo ancora  $R : K :: b : a$ . Si moltiplichino i due ultimi termini per le quantità uguali Bb, Aa, avremo  $R : K :: Bb^2 : Aa^2$ ; e perciò le forze comunicate a' globi saranno come le masse, e i quadrati delle velocità.

496. A questo raziocinio rispondo, che le velocità comunicate a' globi dalle molle, non le ricevono nel tempo stesso §. 494. perchè il punto C è immobile, e fa le veci di ostacolo, e le molle non sono uguali di numero. Quanto poi al computo analitico si può ritorcere l'argomento. Per Giovanni Bernoulli abbiamo  $R : K :: Bb^2 : Aa^2$ ; ma  $Bb = Aa$ ; dunque riducendo l'ultima ragione a minore espressione col dividerla per quantità uguali, avremo  $R : K :: b : a$ ; cioè le forze vive saranno come le velocità. Per dirla brevemente, essendo  $Bb = Aa$ , farà ancora  $B^2 b^2 = A^2 a^2$ , e perciò  $R : K :: B^2 b^2 : A^2 a^2$ , cioè le forze come i quadrati delle masse, e i cubi delle velocità.

497. Pietro Musschenbroek nel capo 6. della Fisica, §. 181. e s' Gravesande nel lib. 2. c. 2. §. 724. 725. per evitare la risposta cavata dal tempo, s' ingegnano di provare, che nell' espansione delle molle non si deve considerare il tempo. L' intero effetto della molla dipende dalla forza, con cui si dilata, dalla velocità, e il tempo, in cui s' espande. Onde essendo E l' effetto, C la celerità, T il tempo, V la forza, avremo  $E : VCT$ . Prendete ora una molla, che si dilati con doppia velocità, lo farà in due volte meno di tempo; perciò farà  $E : 2CV \propto \frac{1}{2} T$ ; onde  $E : CVT$ ; dunque il tempo sia maggiore, o minore non deve considerarsi, perchè l' effetto è sempre lo stesso.

498. Non discorrono bene però questi Autori, quando oltre la forza, vogliono ancora computare la velocità. Ancora per essi la for-

za comunicata, o l'effetto prodotto è come la forza, o velocità elementare moltiplicata nel tempo; non già come la forza, o velocità insieme moltiplicate nel tempo. Con maggiore velocità si dilata la molla, maggiore ancora è il minimo elemento di essa comunicato al corpo nel primo istante; ma per avere la somma di tutti, bisogna sempre moltiplicare questo in tutto il tempo, che impiegano le molle a dilatarsi. Se non dovesse computarsi il tempo, quando nella molla si suppone cresciuta la velocità istantanea, come potremmo determinare l'intera forza, senza computare il tempo. Certamente se l'elemento della velocità dato dalla seconda molla sia doppio di quello dato dal primo, e tutte due operino in tempo uguale, per avere la forza intera basterà prendere la stessa ragione, che passa tra le velocità; ma se operino in tempi diversi, sarà necessario computare i tempi.

499. Bernoulli nella citata dissertazione osserva, che la considerazione del tempo è affatto inutile parlandosi delle forze. Cada il globo A dall'altezza AC, e un altro B dalla BC. S'applichi in C la mezza cicloide CFEI; hanno dimostrato i Geometri, che gli archi cicloidali di qualunque grandezza, sono equidistanti. Se dunque i due globi A, B colla forza acquistata nel discendere risalissero per gli archi cicloidali CFE, CF, li descriverebbero nel tempo stesso; dunque essendo le forze come gli spazj descritti in salire, è inversamente come il tempo §. 482. non dovendosi questo computare, saranno le forze, come le altezze, da cui caddero, cioè come i quadrati della velocità.

Tav. 4.  
Fig. 8.

500. Accordo ben volentieri, che quando un corpo risalisse per archi della cicloide, o pure per le corde CG, CH del circolo, che ha generato la cicloide, allora il tempo non deve porsi in computo; ma da questo stesso si ricava un argomento fortissimo a favore de' Newtoniani.

501. E' la cicloide CFEI una curva, che si concepisce determinata da un punto preso sulla periferia d'un cerchio, che girando sopra una linea retta, descrive intanto con questo punto la cicloide. Se dunque il circolo, che si chiama genitore CHGD, da principio col punto C avesse toccato l'estremità I, e quindi si fosse a poco a poco innalzato, finchè tutti i punti della periferia del cerchio CHGD avessero toccati i punti della linea ID, il punto C avrebbe delineato la curva IEF, che si chiama mezza cicloide. Camminando in questo mo-

modo il circolo dal punto I verso D, è chiaro, che la mezza circonferenza DGHC sarà uguale alla DI. Supponiamo ora che i globi AC, BC cadendo risalcano per gli archi cicloidalì CFE, CF, s'inalzeranno certamente fino in E, F ad uguali altezze CA, CB, e non ne ho dubbio. Sia  $AC=4$ ,  $BC=1$ , la celerità acquistata per AC, starà a quella per BC come 2:1 §. 393. Lo stesso accaderebbe a' globi, se in vece degli archi cicloidalì risalissero per le corde CG, CH; essendo ancora queste descritte nel tempo stesso, come si dimostrerà nella Statica. La stessa ragione seguono ancora le forze; e perciò saranno proporzionali alle semplici velocità. Imperocchè essendo i globi A, B uguali di massa, e risalendo in tempi uguali, faranno le loro forze acquistate in discendere, come gli spazj CFE, CF, che descrivono in risalire; non già come l'altetze CA, CB, secondo, che dicono i Leibniziani, perchè quantunque trovandosi in E, F si trovino ad uguali altezze A, B; ciò non ostante i veri spazj percorsi sono gli archi cicloidalì CFE, CF, per descrivere i quali impiegano ugual tempo. Ma  $CFE:CF::2:1$ ; dunque la forza di A, alla forza di B come 2:1; cioè le forze sono come le velocità acquistate.

502. Mi resta a dimostrare, che  $CFE:CF::2:1$ ; il che faccio così. Il rettangolo  $DCA = \overline{CG}^2$ ;  $DCB = \overline{CH}^2$ , perchè  $\overline{CG}^2 = \overline{GA}^2 + \overline{CA}^2$ , 47. lib. 1. Euclid.,  $\overline{GA}^2 = CAD$  rettangolo, coroll. prop. 13. lib. 6.; onde  $\overline{CG}^2 = CAD + \overline{CA}^2$ ; ma  $CAD + \overline{CA}^2 = DCA$  rettangolo, prop. 3. lib. 2.; dunque  $DCA = \overline{CG}^2$ . Dalle due prime equazioni abbiamo  $DCA:DCB::\overline{CG}^2:\overline{CH}^2$ ; e dividendo i rettangoli per DC loro lato, sarà  $AC:BC::\overline{CG}^2:\overline{CH}^2$ ; ma  $AC:BC::4:1$  §. preced. Dunque  $\overline{CG}^2:\overline{CH}^2::4:1$ , ed estraendo la radice quadrata  $CG:GH::2:1$ . Ma per la natura della cicloide  $2CG = CFE$ ,  $2CH = CF$ ; dunque ancora  $CFE:CF::2:1$ .

503. Musschenbroek nel tom. 1. della Fisica in idioma Francese c. 6. §. 18. per evitare la considerazione del tempo, così discorre. Quando nel corpo la forza è determinata, non dobbiamo aver conto del tempo. Se uno avesse forza 100., consumata la quale dovesse morire, sarà lo stesso se la consuma presto, o tardi; sempre dopo un giorno, un'ora, o un minuto, in cui l'impieghi si troverà, che ha descritto lo stesso spazio, perchè la forza è 100. Inoltre ci siano due uomini, e il primo abbia forza 100., consumata la quale muoja; e porti il peso d'una libra, che trasportandolo per un piede di distanza, ci consumi un

gra-

grado di forza, il secondo abbia forza 100, ma porti un peso di 4 libbre, onde nella distanza d'un piede perda quattro gradi di forza. Si muovano questi due uomini tardi, o presto, poco importa; il primo sempre morrà dopo aver camminato 100 piedi; il secondo dopo 25.

304. Questi argomenti non provano altro, che quando si fa la quantità della forza, e che è in arbitrio di quello, che l'ha, d'esercitarla in che tempo vuole, allora non dobbiamo considerare il tempo. Ma ne' casi dove abbiamo computato il tempo, era necessario considerarlo, perchè la forza acquistata da' corpi dovea impiegarsi in un tempo determinato, il quale se si fosse mutato, si sarebbe ancora variata la forza stessa. Anzi negli stessi esempj di Musschenbroek, se volessimo misurare la forza impiegata da tutti due dopo 4 minuti di tempo, sarebbe necessariissimo avere ad esso riguardo. Perchè se tutti due fanno un piede in un minuto, avrà il primo consumato 4 di forza, e il secondo 16; se fanno 2 piedi in un minuto, avrà il primo consumato 8, il secondo 32, e perciò sarà già morto. Se il primo fa 3 piedi in un minuto, il secondo 1; avrà il primo consumato 12 di forza, il secondo 16. Collo stesso metodo apparirà, che ancora negli esempj riferiti si deve moltissime volte considerare il tempo per determinare la forza impiegata, e quella che loro resta. Brevemente dirò, se non si computa il tempo, la parte di meccanica, che insegna ad innalzare con piccola forza un peso considerabile, diverrà miracolosa, e soprannaturale.

305. Il settimo argomento lo fece il Marchese Poleni nel Trattato *De Castellis Aquarum* già mentovato al numero 118. Sia la macchina DABC, ove le colonne AD, BC hanno nella loro lunghezza segnati alquanti palmi, e la tavola EF possa ad arbitrio alzarsi, o abbassarsi a qualunque altezza, e quivi resti fissata dalle viti E, F. G è una molla assai levigata, che può contenere qualunque globo, per esempio a. Il globo H s'attacca al filo Hc, il quale passa per la girella c, e la sua punta si mette tra la palla a, ed il legname cF. Aprendosi la molla, nel tempo stesso cade il globo a, e si libera la punta del filo dalla compressione, in cui era, onde ancora la palla H scende da quella altezza, in cui era posta. Il tiratore LI è pieno di sevo liquefatto, o di creta molle spianata: cadendo i globi a, H imprimono in questa sostanza molle delle fosse, con quella forza, che hanno acquistata cadendo. Le viti m, m, m, servono per collocare la macchina in un piano orizzontale, e perciò le altezze DA, CB perpendicolari all'orizzonte.

Tav. 7.  
Fig. 3.

Tav. 8.  
Fig. 4.

506. Posta questa macchina si possono facilmente ripetere le sperienze fatte dal Poleni, che sono le seguenti. Sia il globo C di 2 libbre, A d'una; l'altezza oa sia 2, uc s'uguagli a un piede. Amendue questi globi abbiano ugual volume; i pesi loro in questo caso hanno la ragione reciproca delle altezze. Lasciandoli cadere amendue produrranno sopra il sevo uguali fosse, che sono espresse per  $gdh$ ,  $mfn$ . Ciò posto così argomenta il Poleni. Le fosse sono effetti delle forze, ma quelle sono uguali per la sperienza; dunque i globi nel cadere hanno acquistato forze uguali. Le forze non sono uguali, che misurandole da' pesi moltiplicati nell'altezze, cioè ne' quadrati delle velocità acquisite §. 392. dunque la stessa ragione devono ancora seguire le forze. Misurando le forze col metodo antico, la forza di A sarà  $1 \times \sqrt{2} = \sqrt{2}$ ; la forza di C sarà  $2 \times \sqrt{1} = 2$ ; cioè 2; e perciò non uguali; ma se si prendono dalle altezze avremo  $1 \times 2 = 2 \times 1$ , onde le forze saranno uguali. La stessa sperienza si verifica in qualunque altra ragione reciproca si prenda; pesi A lib. 1, oa sia 4 piedi; pesi C lib. 4, uc sia un piede, le fosse, e perciò le forze saranno uguali. Ma prendendole come le radici quadrate delle altezze, sono disuguali, perchè la prima è 2; la seconda è 4; all'incontro misurandole dalle altezze, amendue sono 4; dunque da' quadrati delle velocità hanno da ripetersi le forze, non dalle velocità semplici.

507. Prima di rispondere all'argomento, è necessario l'espore due sperienze fatte primo di tutti da Pietro de Martino nella citata dissertazione, e ripetute collo stesso successo nell'Accademia Napoletana, l'anno 1742. Siano due globi A, B d'ugual volume, e massa, che cadano dalle altezze oa, rb come 2: 1; la fossa  $gdh$ , sta alla fossa  $iel$  come  $\sqrt{2}: 1$ . Cadano i due globi B, C, i pesi de quali sono 1: 2, da altezze uguali rb, uc, le fosse  $iel$ ,  $mfn$  saranno tra loro come 1:  $\sqrt{2}$ . Se nella sperienza oa = 4, rb = 1; faranno le fosse come 2: 1. Se nella seconda il peso B sia 4, C sia 1; faranno le fosse come 2: 1. sempre, cioè come le radici delle altezze nel primo caso, e de' pesi nel secondo.

508. Per misurare le fosse s'è servito l'autore del presente metodo. Si prenda il diametro de' globi esattamente; facendo sopra un pezzo di sodo cartone più cerchi concentrici, e tagliandoli ad uno ad uno nel mezzo, finchè il globo passi esattamente dentro il circolo tagliato. Avuto il diametro esatto di essi, col semidiametro, si faccia un circolo in carta, porzione del quale supponiamo, che sia l'ar-

cò gdh, iel, mfn. Tirati sulla larghezza della fossa due fili, che si taglino ugualmente, si prenda così la loro larghezza, gh, il, mn. Applicate queste come corde a' circoli ora descritti col semidiametro delle palle, e divise ugualmente in a, b, c, per gli centri de' circoli si tirino ad, be, cf; le fosse fatte saranno tra loro come le altezze ad, be, cf. Imperocchè le fosse prodotte sono tra loro come le cavità gdh, iel, mfn, ovvero come queste porzioni delle superficie sferiche; ma tali porzioni sono come le fatte, o parti del diametro ad, be, cf Prop. 27. de' Teoremi scelti d' Archimede dal Tacquet; dunque queste altezze esprimeranno la proporzione, che hanno tra loro le fosse.

509. Misurate le altezze, si trovano nella prima esperienza di Martino come  $\sqrt{2} : 1$ , nella seconda come  $1 : \sqrt{2}$ . Per vedere la proporzione, che hanno tali linee, si prenda nella prima esperienza la più piccola be; e sopra essa fatto un quadrato, essendo questa 1, sarà per la 47 d' Euclide la sua diagonale uguale  $\sqrt{2}$ ; e si troverà con non poca ammirazione, che da sarà appunto la diagonale del quadrato; lo stesso ancora accaderà della cf nella seconda esperienza.

510. Ora nella prima esperienza del Martino; l'effetto di A s'esprime per la fossa gdh, ovvero per la sua altezza ad; l'effetto di B per la fossa iel, ovvero per la sua altezza be. Prendiamo per più facile intelligenza  $oa = 4$ ,  $rb = 1$ . La velocità, colla quale A urta nel sevo è 2, cioè come la radice quadrata dell'altezza oa §. 393. Quella, con cui urta B, è per la stessa ragione 1. Si divida da, in parti minime tra loro uguali, e così ancora be. Tutta ad, è doppia di be; dunque ancora a 2 sarà doppia di b4. Le linee 12; 34 esprimano le velocità, che restano ne' globi dopo aver descritto gli spazj a2, b4. I tempi sono come gli spazj divisi per le velocità §. 380.; dunque il tempo impiegato dal globo A per descrivere a2, o per superare la resistenza del sevo; starà al tempo impiegato da B per descrivere b4, come  $\frac{2}{2} : \frac{1}{1}$ , onde in tempi uguali descriveranno amendue i globi i loro spazj, cioè formeranno le fosse nel sevo. Perciò essendo le forze come gli effetti, e le masse direttamente, e come il tempo inversamente per la Prop. 14., essendo i tempi, e le masse uguali, saranno le forze come gli effetti, o fosse scavate; ma queste sono tra loro come le radici quadrate delle altezze oa, rb; dunque ancora le forze saranno come le radici quadrate delle altezze, cioè come le semplici velocità.

A a 2

511. Nel-

Tav. 8.  
Fig. 4.

§ 11. Nella seconda sperienza del Martino i globi BC; cadendo da altezze uguali, con pari velocità urtano nel sevo; perciò gli spazj minimi faranno come i tempi §. 345. 379., e perciò sarà c6; b4 come il tempo, in cui descrive l'altezza c6, al tempo in cui descrive b4. Ma cf, è dupla della be; dunque il tempo che impiega C nel cavare la fossa mfn è doppio di quello, che adopera B per formare iel. La forza di C sarà per la prop. 14. uguale  $\frac{4}{1}$ ; quella di Buguale  $\frac{1}{4}$ ; onde le forze saranno come 4: 1. Ma C pesa quattro volte più del globo B; dunque le forze impiegate da essi, nel cavare le fosse, saranno come le loro masse. Ma quando due corpi hanno velocità uguali, i loro moti sono come le masse §. 356. Dunque le forze impiegate da amendue i globi sono proporzionali al moto, che essi hanno; e perciò forza, e quantità di moto sono lo stesso ne' corpi.

§ 12. S'uniscano amendue queste sperienze, e cadano i globi A, C disuguali di massa, da altezze reciproche a' loro pesi, avremo la spiegazione della sperienza del Poleni. Le forze acquistate da' globi A, C saranno come le loro masse moltiplicate nelle radici delle altezze, o velocità semplici; e perciò pesando A, libra 1, e cadendo dalla altezza oa, ch'è 4, acquisterà forza 2; pesando C, lib. 4, e cadendo dall'altezza uc, che è 1, acquisterà forza 4; onde le forze saranno come 1: 2. Ma quantunque le forze siano disuguali, ciò non ostante gli effetti prodotti, o le fosse scavate saranno eguali. Perché sebbene per riguardo alle altezze diverse dovrebbero impiegare lo stesso tempo nel formarle §. 510. pure a riguardo delle masse diverse devono, come abbiamo dimostrato §. 511. impiegare tempo diverso nello scavarle. Onde è vero, che la forza di C è doppia di quella del globo A, ma C impiega due volte più tempo in operare, e perciò la perdita, che fa, deve essere doppia della perdita di A. I globi A, C perdono la loro forza a proporzione della resistenza, che ricevono, come saggiamente osserva Pietro di Martino; nella lodata dissertazione. La resistenza è in ragione composta della superficie, immersa e del tempo impiegato dalla forza. Perché quanto maggiore è la superficie del corpo, tanto maggior numero di parti della sostanza molle, o del sevo operano contro d'esso. Nel nostro caso le superficie de' globi A, C sono uguali; perciò la resistenza, che incontrano, sarà come i tempi impiegati a sprofondarsi nel sevo; ma C sta due volte più di A; dunque sebbene abbia doppia forza, con tutto ciò incontrando due volte più resistenza, produrrà lo stesso effet-

to di A; perlochè le fosse saranno uguali. Che le fosse debbano essere eguali, la stessa ipotesi lo porta con se. Secondo il Poleni abbiamo  $A:C::uc:oa$ ; dunque ancora  $\sqrt{A}:\sqrt{C}::\sqrt{uc}:\sqrt{oa}$ ; e perciò  $\sqrt{A} \times \sqrt{oa} = \sqrt{C} \times \sqrt{uc}$ ; ma questi due prodotti esprimono le fosse scavate §. 510. 511; dunque ancora queste saranno uguali.

513. Alla speranza del Poleni molti autori hanno risposto, adducendo molti argomenti per potere spiegare l'addotta speranza, ma per quanto abbiano detto, il Pemberton, Mairano, Crivelli, e gli altri tutti, non potevano arrivare al segno d'un'intera, e chiara soluzione; avendo sempre supposto, che quando corpi uguali in mole, e in peso cadono da altezze diverse, le fosse scavate fossero proporzionali alle altezze. Forse non hanno mai pensato di metter ciò sotto l'esame delle sperienze, come primo di tutti l'ha fatto il già lodato Pietro di Martino trovando, che le fosse seguono sempre la ragione sudduplicata delle medesime altezze.

514. Il dottissimo Marzagaglia nella citata dissertazione §. 45. per rispondere all'argomento del Poleni accorda, che dalla speranza si deduca, che le fosse scavate da un corpo grave cadente da altezze diverse siano come le stesse, e perciò proporzionali a' quadrati delle velocità. Da ciò ricava, che il moto, con cui le formano, è uniformemente ritardato; onde siccome nel moto uniformemente accelerato; le forze sono come le masse, e le velocità; così ancora lo stesso accadrà nel moto uniformemente ritardato; e perciò le forze de' globi cadenti acquistate saranno come le masse, e le velocità. Ottima, e nuova sarebbe la risposta all'argomento del Poleni, se la speranza d'un corpo cadente da altezze diverse non dimostrasse il contrario, cioè che le fosse sono come le radici delle altezze.

515. Collo stesso metodo, che abbiamo risposto all'argomento del Poleni, si spiegano l'altre sperienze fatte dallo s'Gravesande nel tomo I. della sua Fisica, ad imitazione di quella del Poleni, e si rende ancora ragione di quella, che leggesi nel tomo II. carte 391. de' Commentarj dell'Istituto di Bologna. L'Istituto delle Scienze, e delle arti fondato nel 1708. dal General Marsili, e l'Accademia delle Arti liberali stabilita in casa d'Eustachio Manfredi fino dal 1690. s'unirono insieme, e formarono un corpo solo nel 1714.; ma il primo tomo de' Commentarj non uscì, che nel 1731.

516. I primi, che intrapresero ad esaminare le forze de' corpi, che sono in moto, furono il P. Marino Merfeno dell'Ordine de' Minimi,

nimi, nato nel Borgo d'Oysè, nella Maine, l'anno 1588. e il P. Giambattista Riccioli della Compagnia di Gesù. Si servì il primo, come riferisce nel libro *Cogitata Physico-Matematica* stampato a Parigi nel 1644. d'una bilancia, da un lato della quale attaccava successivamente varj pesi, e sopra l'altro braccio della bilancia faceva cadere lo stesso peso da altezze diverse; avendo osservato, che questo cadendo da altezze, ch'erano tra loro come 1, 4, 9, 16 ec. acquistava tanta forza da poter sollevare diversi pesi attaccati, e che corrispondevano alle radici quadrate delle altezze, cioè erano successivamente come i numeri 1, 2, 3, 4 ec. ne ricavò, che le forze acquistate erano come le radici quadrate delle altezze, o come le semplici velocità.

517. Il P. Riccioli nell'Almagesto nuovo al lib. IX. sez. 4.<sup>a</sup> n. 13. c. 16. provò lo stesso, facendo cadere una palla di legno dentro vasi d'acqua alti once 7, e 14. Nel primo caso per toccare il fondo dovea cadere da 7 once d'altezza, nel secondo per toccare il fondo nel vaso d'once 14, dalla altezza di 106. once. Fu ripetuta questa sperienza dal P. Francesco Lana della stessa Compagnia nel tom. I. della sua Opera intitolata *Magisterium Naturæ, & Artis*, carte 163. Esper. 5. facendo cadere un globo di cera da mezzo piede d'altezza in un vaso alto un piede, e pieno d'acqua; s'immerse in essa 16. linee, e cadendo da un'altezza fedici volte maggiore, cioè d'otto piedi s'immerse solamente linee 32. Un globo di legno dalla prima altezza s'immerse 8 linee, dalla seconda 16. Lo stesso Riccioli riferisce un'esperienza fatta da esso conficando una punta competentemente alta di ferro nel butiro; indi sopra essa lasciando cadere una palla di legno da altezze diverse, trovò, che se le altezze erano come 1, 4, 9, 16, i profondamenti della punta nel butiro si facevano colla seguente legge 40, 115, 196, 278. Da questa sperienza però, come saggiamente osserva il Rêv. P. Abate Orlandi Professore di Fisica sperimentale nella Reale Università di Napoli, nella nota seconda al Capo 6. §. 174. *Elementorum Physica* tom. I. di Musschenbroek ristampati in Napoli nel 1745. si dovrebbe ricavare più tosto, che le forze non sono come le velocità semplici; perchè in tal caso dovrebbero esser stati i profondamenti, come 40, 80, 120, 160. Quindi meritamente non abbiamo, che per ora fatto menzione di queste sperienze di Merfeno, Riccioli, e Lana, perchè non fatte con tutta l'accuratezza; quan-

quantunque da esse prima del Leibnizio tutt'i Fisici ricavassero la misura delle forze còlle semplici velocità.

518. Per compiere adunque questa breve dissertazione della misura delle forze; resta che concludiamo sicuramente, che Ogni forza corporea sia viva, o morta debba misurarsi dalla velocità del corpo, e dalla sua massa. Onde in appresso promiscuamente ci serviremo delle parole forza motrice, e moto, o parlando dello stesso corpo di velocità. Resterà ancora intatta la maniera comune di esprimere nel moto composto le forze, o velocità per mezzo de' lati, e diagonale del parallelogrammo; e la velocità iniziale di qualunque corpo sarà sempre proporzionale alla pressione, o potenza movente. Daniele Bernoulli morto il corrente anno 1748. nella dissertazione *Examen Principiorum Mechanica*, che sta nel 1. tomo degli Atti di Pietroburgo pretende dimostrare un altro metodo, per la composizione delle forze, che meritamente ho traslasciato, perchè è fondato sulla misura Leibniziana delle forze. Fu Daniele fratello di Nicola Bernoulli, che nacque a Basilea nel 1695. e morì nel 1726. prima di Daniele. Amendue furono figli di Giovanni Bernoulli, e nipoti di Giacomo suo fratello, che nacque a Basilea nel 1654. e morì nel 1706.

519. Compiremo questa parte generale della Meccanica con un Problema del celebre Varignon nelle Memorie dell'Accademia Reale di Parigi del 1700. Ebbe questa la sua origine nel 1666. sotto gli auspici di Ludovico XIV. colla direzione di Gianbattista Colbert, di cui fu Segretario Giambattista du Hamel, e dopo la sua rinnovazione successa nel 1699. Bernardo Fontenelle. La Storia, e le Memorie, o dissertazioni degli Accademici dal suo principio a tutto il 1698. colle tavole de' volumi dalla sua origine fino al 1730. sono stampate a Parigi in 18 volumi in quarto. La Storia, e le Memorie dal 1699. fino al 1742. compresi i seguenti trattati; La figura della terra 1718. la Geometria degl'infiniti 1725. l'Aurora boreale 1731. la Meridiana dell'Osservatorio verificata 1740. sono comprese in 48. volumi in quarto a Parigi. Queste stesse Memorie compariscono in ciascuna anno ristampate in Olanda. Oltre tali volumi hanno ancora insieme raccolte tutte le Macchine, e Invenzioni approvate dall'Accademia in 6 tomi in quarto, e le dissertazioni, che dall'anno 1733. fino al presente, hanno riportato il premio dall'Accademia, che sono al numero di nove.

PRO-

PROPOSIZIONE XVI.

*Data la Forza, o Velocità, o Spazio, o il Tempo nel moto variabile, trovare il resto.*

Tav. 6.  
Fig. 4.

520. **T**utti gli angoli della figura sono retti. Si diano sei curve di qualunque specie; di modo che AH, che è ascissa comune alle tre prime rappresenti gli spazj descritti dal corpo; la semiordinata TH, e tutte le parallele ad essa significhino il tempo; le semiordinate VH, VG denotino le velocità; le semiordinate FG, FH, FE esprimano le forze impiegate dal corpo a muoverli; essendo le curve FM, VB, TD ec. di qualunque natura, è chiaro, che colle loro ordinate potranno esprimere qualsivisa ragione, che passi tra le forze, velocità, e tempi, per riguardo agli spazj. La curva TD ovunque vada a terminare o in A, o più sopra, si chiamerà curva de' tempi, le due VB, VK curve delle velocità; e le tre FN, FO, FM curve delle forze.

521. Gli spazj s'esprimano per s, i tempi per t, le velocità siano c, le forze y. Sarà ds lo spazio infinitesimo percorso con la velocità iniziale, che si reputa uniforme c; sia dc l'accrescimento d'essa, nel tempo infinitesimo dt; sarà d<sup>2</sup>s lo spazio con esso descritto §.378. Onde avremo  $c = \frac{ds}{dt}$ ; e supponendo il tempo sempre lo stesso, cioè costante, sarà §.374. 379.,  $dc = \frac{d^2s}{dt^2}$ . Di più §.472. sarà inoltre  $y = \frac{dc}{dt}$ ; ovvero essendo  $\frac{d^2s}{dt^2} = \frac{dc}{dt} \times \frac{1}{dt}$ ; e  $\frac{dc}{dt} = dc$ ; avremo ancora  $y = \frac{d^2c}{dt^2}$ . Quindi si ricavano i Canoni seguenti, co' quali dato lo spazio, o il tempo ec. si ritrovano gli altri.

Canone 1.

$$c = \frac{ds}{dt}$$

Canone 2.

$$y = \frac{dc}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

522. Sia data ora l'ipotesi di Galileo; in questa gli spazj sono come i quadrati della velocità; e perciò  $s : c^2$ ; onde  $\sqrt{s} : c$ ; sostituendo nel primo canone abbiamo  $\sqrt{s} : \frac{ds}{dt}$ ; ovvero  $dt : (ds : \sqrt{s})$ ; questa ragione integrata mi dà  $t : 2\sqrt{s}$ ; onde  $\frac{1}{2} t : \sqrt{s}$ ;  $\frac{1}{4} t^2 : s$ ; e perciò  $4.s : t^2$ , onde non solo la curva VB delle velocità; ma ancora TD de' tempi essendo applicate agli spazj AH saranno Parabole Apolloniane. All'incontro VK curva delle velocità, che ha per ascissa GA = TH, che esprime il tempo farà una linea retta; perchè essendo  $\sqrt{s} : c$ ;  $\sqrt{s} : t$ ; farà ancora  $c : t$ ; e perciò VG : GA in qualunque pun-

punto della linea VK, faranno le ordinate come le ascisse; dunque la linea, che termina le ordinate VG sarà retta, come abbiamo trovato ancora nel §. 396. Per esser certo, che l'integrale di  $(ds:\sqrt{s})$  sia  $2\sqrt{s}$ ; si faccia  $\sqrt{s} = s^{\frac{1}{2}}$  §. 311.; e poi si differenzii  $2.s^{\frac{1}{2}}$  §. 373.

523. Essendo in tale ipotesi  $c:\sqrt{s}$ , differenziando avremo  $dc:(ds:2\sqrt{s})$ . Sostituito questo valore nel secondo canone, in vece di  $dc$ , avremo  $y=(ds:2dt\sqrt{s})$ ; ma §. 522.,  $\sqrt{s}:\frac{1}{2}t$ ;  $s:\frac{1}{4}t^2$ , e differenziando questa ragione  $ds:\frac{1}{2}tdt$ ; dunque sostituiti i valori di  $\sqrt{s}$ ,  $ds$  nella formula precedente avremo  $y:(\frac{1}{2}tdt:tdt) = \frac{1}{2}$ , dunque nell'ipotesi Galileana essendo la forza uguale a un numero determinato, sarà costante.

524. Collo stesso metodo, che abbiamo trovato la forza costante, dati gli spazj come i quadrati delle velocità §. 522.; potremo ancora trovare questa ragione, che passa tra gli spazj, se supporremo, che sul principio ci sia data l'ipotesi d'una forza costante. Perchè in tale ipotesi FH, FG, FE, che esprimono le forze, sono sempre le stesse; onde le curve FM, FN, FO si muteranno in linee rette, essendo dunque  $y$  costante, e per lo canone 2;  $y = \frac{c}{a}$ , avremo ancora  $dt = \frac{c}{y}$ , ma  $c = \frac{c}{a}$  canone 1; dunque in vece della  $dt$ , sostituendo il suo valore ritrovato, avremo  $c = \frac{c}{a}$ , onde  $cdc = yds$ , e perciò integrando sarà  $ys = \frac{1}{2}c^2$ , ovvero  $2ys = c^2$ , la quale equazione essendo d'una parabola, in cui  $c$  esprime l'ordinata,  $s$  l'ascissa,  $2y$  il parametro della parabola, che è costante; la curva VB farà una parabola. Collo stesso metodo si troverà, che anche la curva TD de' tempi è Parabola.

525. Giova inoltre da questo stesso problema ricavare la dimostrazione della 1 parte della prop. 39. lib. 1. de' principj Matematici di Newton, acciocchè sempre più apparisca il suo uso singolare. Rappresentando FH la forza  $y$ , se si prende il suo minimo elemento, e prolungando  $AH = s$ , si prende il minimo elemento  $ds$ , dello spazio AH, avremo un minimo rettangolo, se si moltiplicano amendue insieme. L'area dunque FAH sarà un aggregato d'infiniti di questi rettangoli, onde avremo  $fyds = AFH$  §. 388. Dal primo canone abbiamo  $dt = \frac{c}{y}$ , dal secondo  $dt = \frac{c}{y}$ ; dunque  $\frac{c}{y} = \frac{c}{y}$ ; e perciò  $yds = cdc$ ; e integrando  $fyds = \frac{1}{2}c^2$ ; onde  $f2yds = c^2$ ; e ancora  $\sqrt{f2yds} = c$ ; onde  $c = \sqrt{2AFH}$ . Cioè qualunque sia la forza variabile d'un corpo, la sua velocità sarà sempre come la radice quadrata dell'area compresa tra lo spazio

descritto AH, la forza FH, e la curvatura delle forze FM; come appunto dimostra il Newton nel luogo citato.

## C A P O XII.

*Delle Forze inerenti a' Corpi.*

526. **F** In ora esaminando la terza proprietà primaria de' corpi, detta Mobilità, abbiamo discorso generalmente del moto, dell'energia, che hanno a muoversi, e delle forze, che non sono distinte dal loro moto attuale. In questo capo scendiamo più al particolare, esaminando quelle forze, o principj di moto, che attualmente si trovano ne' corpi, per mezzo delle quali producono quegli effetti, che noi vediamo. La principale tra queste è la *Gravità*, che è una forza per mezzo della quale osserviamo i corpi incessantemente portati verso la terra; se sono liberi cadono attualmente; se sostenuti da un filo, o appoggiati sopra qualche piano, tirano il filo a cui s'attaccano, o premono il piano, su cui son posti. La gravità adunque è una forza inerente ad ogni minimo naturale, del quale il corpo è composto; e l'aggregato di questi minimi naturali siccome produce la massa d'un corpo, così l'unione delle loro forze gravitanti forma quello, che noi chiamiamo *Peso*. Convien perciò seriamente distinguere la *Gravità*, dal *Peso*, quella è la forza di scendere verso terra, questo è l'effetto prodotto dalla medesima in una massa determinata.

527. Quantunque la gravità, come tutti gli altri moti non siano al corpo essenziali, perchè di natura propria è inerte, come abbiamo dimostrato nella Sezione terza a carte 73; ciò non ostante si trova in tutti quelli, sopra i quali si possono fare delle sperienze; onde per la regola d'analogia §. 4. 14. ricaviamo, che questa forza debba competere a tutti gli altri corpi grandi da noi lontani, e alle minime parti, che compongono quelli, che sono sotto i nostri occhi. Dello stesso sentimento è stato Platone nel suo *Timeo*, e Democrito come ne espone Lucrezio Caro nel *lib. 2. De Rerum Natura*.

*Nunc locus est (ut opinor) in his illud quoque rebus*

*Confirmare tibi, nullam rem posse sua vi*

*Corpoream sursum ferri, sursumque meare.*

*Nec tibi dens in eo flammaram corpora frandem.*

Sur-

*Sursus enim versas gignuntur, & augmina sumunt:  
 Et sursum nitida fruges, arbustaque crescunt,  
 Pondera, quantum in se est, cum deorsum cuncta ferantur.  
 Nec cum subsiliant ignes ad tecta domorum,  
 Et celeri flamma degustant rigna, trabeisque  
 Sponte sua facere id sine vi subigente putandum est:  
 Quod genus, e nostro cum missus corpore sanguis  
 Emicat exultans alte, spargiturque cruorem.  
 Nonne vides etiam, quanta vi rigna, trabeisque  
 Respuat humor aquae? nam quam magi' merissimus alae  
 Directa, & magna vi multi pressissimus ager:  
 Tam cupide sursum revomit magis, atque remittit,  
 Plus ut parto foras emergant, exsiliantque.  
 Nec tamen haec quantum est in se, dubitamus, opinor,  
 Quin vacuum per inane deorsum cuncta ferantur.  
 Sic igitur debent flammae quoque posse per auras  
 Aeris expressae sursum succedere, quamquam  
 Pondera, quantum in se est, deorsum deducere pugnent,  
 Nocturnasque facies cali sublime volantes,  
 Nonne vides longos flammaram ducere tractus,  
 In quascunque dedit parteis, natura meatum?  
 Non cadere in terram stellas, & sidera cernis?  
 Sol etiam summo de vertice dissipat omneis  
 Ardorem in parteis, & lumine conserit arva.  
 In terras igitur quoque solis vergitur ardor.  
 Transversosque volare per imbreis fulmina cernis:  
 Nunc hinc, nunc illinc abrupti nubibus ignes  
 Concurrant, cadit in terras vis flammea volgo.*

528. Di contrario parere è stato Aristotele, come appare nel  
*lib. 4. e 8. Physicorum.* Giudica, che ci siano due luoghi, *infe-*  
*riore, e superiore;* al primo tendono costantemente i corpi densi,  
 e che hanno una massa considerabile, come la terra, e l'acqua;  
 al secondo vanno per lo contrario coloro, che hanno poca den-  
 sità, come l'aria; il fuoco, ec. Onde nella sua opinione non so-  
 lo si dà la *Gravità*, ma ancora la *Leggerezza naturale.* Di que-  
 sta assoluta leggerezza non rende esso altra ragione, che l'addotta  
 de' luoghi, la quale è una mera petizione di principio.

529. Contro tale opinione dottamente scrisse il Wallis nella

## 196 CAPO XII. DELLE FORZE

disquisizione geometrica *De Gravitate, & Gravitatione*, volume 2 delle sue Opere carte 705, Osford 1693. L'Accademia del Cimento nella sua Opera intitolata *Tentamina Experim. natural. &c.* nella parte 2, *Exper. probantia non dari levitatem* ristampati a Leiden nel 1731. colle aggiunte di Pietro Musschenbroek.

530. Dopo il 1565. Bernardino Telesio fondò l'Accademia Cosentina, una delle prime d'Europa, che diede stimolo all'altre, che le succedettero; onde poi nacque l'Accademia del cimento, fondata in Firenze a' tempi del Galilei dal Principe Leopoldo di Toscana. A simiglianza di questa nel 1652. sotto l'Imperadore Leopoldo I. cominciò l'Accademia *Natura Curiosorum*, che nel 1670. principiò a stampare, sotto il titolo di *Miscellanea Curiosa, Medico-Physica*. Nel 1663. sotto Carlo II. Re d'Inghilterra la *Società Reale*, la di cui Istoria espone Tommaso Spraat nel 1665. in Inglese, e nel 1667. in Francese. Gli atti della medesima stese dall'anno 1665. Oldenburgio in Inglese; e il compendio di questi fino a' tempi presenti Giovanni Lowthorp, Beniamino Motte, e Giovanni Gray. Gl'interi Atti d'Oldenburgio avea intrapreso di trasportare in Francese il Bremond, avendone già mandato fuori un volume nel 1738. di quelli del 1735. 1736. un volume nel 1739. che abbracciava la tavola delle materie dal 1665. al 1735. e il terzo volume nel 1740. che comprende gli Atti del 1733. 1734. prevenuto però dalla morte non ha potuto continuarne la traduzione. Nacque poi nel 1666. l'Accademia di Parigi, come già abbiamo esposto. Nel 1682. gli Atti di Lipsia. Nel 1700. per opera di Leibniz sotto Federico I. Re di Prussia quella di Berlino. Nel 1723. sotto Pietro I. Imperadore di Moscovia l'Accademia di Pietroburgo, che perfezionò Caterina nel 1725.

531. Contro l'assoluta leggerezza ancora scrisse diffusamente Alfonso Borelli nel *cap. 14. De Moribus Naturalibus, de gravitate pendentibus* stampato a Leiden nel 1686. e Samuele Claark nelle note alla Fisica di Roault *part. 1. cap. 16.*

532. Renato Cartesio col nuovo Sistema de' Vortici fu di parere, che qualunque corpo per la propria natura non fosse nè grave, nè leggiero; ma spinto da una materia, che gira continuamente, e compone un vortice intorno la nostra terra, diventasse grave; e perciò fosse da questo continuo impulso ogni corpo determinato a discendere verso la terra. Onde nella presente

te costituzione di cose ogni corpo ha una estrinseca gravità; se si eccettua quella materia, che è cagione della medesima. Contro Aristotele, e i Cartesiani dimostreremo per mezzo delle osservazioni, che ogni corpo, e minima parte di esso sono gravi; e che perciò questa Gravità è una proprietà universale, sebbene non d' esistenza de' corpi.

533. *Osservazioni.* Qualunque corpo grande, o piccolo, denso, o raro, di qualunque figura, o tessitura interna; e qualunque parte d' esso ovunque si lasci liberamente nell'aria, osserviamo, che quivi non si ferma, ma scende verso terra, e sempre per una linea perpendicolare alla superficie di questa, e nel discendere accelera il moto suo. Questa gravità noi l' osserviamo costantemente in tutt' i corpi, e le loro minime parti componenti, osservando continuamente, che tutte non restano da per loro nell'aria senza qualche manifesta cagione di questo star sospeso, come ora dichiareremo.

534. *Osservazioni.* Se prendiamo un pezzo di legno, lasciato questo nell'aria libera cade immediatamente; ma se lo mettiamo dentro un vaso d'acqua più non scende, e galleggia. Si paragoni allora il peso d' un volume d'acqua uguale a quello del legno, e lo troveremo maggiore di questo. Ma la forza minore non può superare la maggiore; dunque andando l'acqua con più forza verso terra del legno, non potrà questo dividerla, e perciò obbligarla a salire, ma resterà galleggiante. Quello stesso, che accade al legno relativamente all'acqua, ha luogo in molti altri corpi piccoli per riguardo dell'aria. Un volume d'acqua lasciato da alto cade per mezzo all'aria; ma se io prendo una menoma parte d' essa, si può dare il caso, che dilatandola pesi meno di quello, che pesa un uguale volume d'aria; quindi è che dovrà restare in essa sospesa, come fa il legno nell'acqua, non già per la propria sua leggerezza, ma per la gravità maggiore, che ha l'aria.

535. *Osservazioni.* Questo viene confermato dall'osservare, che le minime parti elatate nell'aria da' corpi animali vegetanti, e inerti diminuiscono il loro peso, come osservò primo di tutti il Santorio nella sua Medicina Statica, Giacomo Keil nella Medicina Statica ristampata a Leiden nel 1730. Gorterio, e Stefano Hales nella Statica de' vegetabili. Anzi l'ultimo autore trovò il modo di pesare la continua insensibile traspirazione delle piante, che trovò essere di più libbre, come vedremo parlando di queste. Dunque

que le parti insensibili traspirate da' corpi, sebbene realmente salgano nell'aria, sono ciò non ostante pesanti, e questa loro salita dipende non dalla propria leggerezza, ma da qualche forza, che in alto le spinge.

536.  *Osservazioni.* L'aria stessa, ch vien supposta senza peso da' Cartesiani, e cagione di esso, dimostreremo, nella Fisica particolare, che pesa. Il fumo, e la fiamma, che pajono leggieri, perchè sono nell'aria più pesante di loro, se si ritrovano nel luogo voto, scendono a terra come tutti gli altri corpi. Parlando della natura del fuoco, con esperienze dirette proveremo ad evidenza la sua gravità. E' perciò questa un affezione universale di tutte le parti della materia.

537. Quindi è senza alcun fondamento l'opinione de' Cartesiani moderni, i quali giudicano, che la materia sottile cagioni la gravità, e perciò essa ne sia priva. La sua insuffistenza apparirà nelle varie spiegazioni della gravità, che finora hanno date i Filosofi. Per ora dimandiamo a' Cartesiani, con quale esperienza dimostrano, che l'aria sottile non pesa. Certamente non hanno altra ragione di ciò, se non che quest'aria sottilissima cagiona la gravità; ma questo è un supporre ciò che deve provarsi, e non s'accorda, come in appresso vedremo, colle sperienze. Questa materia sottile nasce dalla divisione de' corpi, o delle prime particelle, nelle quali sul principio distinse Iddio la materia. Quanto più s'affottigliano le parti d'un corpo, tanto più s'avvicinano alla natura della materia sottile; se diminuiscono in infinito, ecco la materia, di cui parliamo. Ma le parti grosse della materia pesano; dunque lo stesso ancora deve dirsi delle infinitamente piccole. Sarà la loro gravità minima, e proporzionale alla massa, ma ciò non ostante saranno gravi. Il dire il contrario è un formarli un sistema totalmente immaginario, e contro le costanti osservazioni, o analogia della natura; tanto più, che con immediate sperienze si dimostra la gravità delle parti sottilissime traspirate da' corpi dell'aria, e del fuoco, quantunque pajano dotate di leggerezza.

538. Dimostrata la gravità come un affezione comune a tutte le parti della materia, resta ora d'osservare, con quali leggi operi ne' corpi. Tre sono le leggi, colle quali vediamo tutto di operare la gravità.

P R I M A.

*La Gravità accelera i corpi uniformemente, nelle distanze, alle quali possiamo arrivare da terra.*

S E C O N D A.

*La Gravità è proporzionale alla massa.*

T E R Z A.

*La Gravità in maggiori distanze da terra è inversamente, come i quadrati delle distanze.*

539. **Q**Uanto alla prima legge; gli Antichi ancora hanno conosciuto, che il moto de' corpi cadenti s'accelera, quindi nacque l'assioma loro meccanico, *motus in fine velocior*. Ma che la gravità accelerasse i corpi uniformemente, ovvero dalle loro gradi di velocità al tempo proporzionali, Galileo Galilei fu il primo a dimostrarlo col raziocinio, e confermarlo per mezzo dell'esperienze nel Dialogo 3 tomo 3. delle sue Opere ediz. di Padova 1744.

540. Sappiamo dalle osservazioni, che la gravità d'un corpo sollevato a qualunque distanza da terra è sempre la stessa, e perciò costante; onde opererà questa ne' corpi sempre in proporzione del tempo; dimodoche in tempi uguali darà loro gradi uguali di velocità, in disuguali, saranno i gradi proporzionali a' tempi. Il moto adunque de' corpi gravi è uniformemente accelerato. Ciò posto esamina il Galileo le proprietà del medesimo, e truova, che gli spazj con questo moto descritti devono essere in duplicata ragione de' tempi, prendendoli da principio; e in ciascun tempo in particolare, come i numeri dispari ec. secondo che noi ancora abbiamo dimostrato nel capo 7, e 8 precedenti.

541. *Esperienza.* Data una giusta idea de' Teoremi fondamentali di questa specie di moto, passò a dimostrare colla seguente esperienza, che ne' corpi gravi cadenti realmente ha luogo questa specie di moto. Porta l'esperienza dopo il Cor. 1. del Teorema 2. Prese un regolo di legno lungo 12 braccia fiorentine, largo 3 dita, e alto

alto mezzo braccio. Nella larghezza fece incavare per lungo un canale largo un dito, e dopo essere ben pulito, c'incollò di più dentro una carta pergamena liscia, e lustrata. Quindi alzato da una parte il regolo all'altezza d'uno, o due braccia da terra, dimodoche formasse un piano inclinato, faceva scorrere per dentro il canale una palla di bronzo ben rotonda, e liscia, da altezze diverse, della sua lunghezza. Prima fece più volte scendere la palla dalla cima del canale, per assicurarfi del tempo, che impiegava la palla a scorrerlo tutto; quindi lasciò andare la stessa dalla quarta parte del canale, e misurando esattamente il tempo, trovò, che questa impiegava la metà del tempo, che avea adoperato nel percorrerlo tutto. Perciò chiamata  $r$  la lunghezza del canale, e  $t$  il tempo impiegato a scorrerla; si vede chiaramente che  $r$  sta ad  $\frac{1}{4}$  della detta lunghezza; come  $t$  tempo al quadrato di  $\frac{1}{4}$ , che è il tempo secondo. Paragonando inoltre il tempo impiegato dalla palla nello scorrere l'intero canale con quello, che ci voleva per scendere solamente da  $\frac{3}{4}$ , da  $\frac{1}{2}$  d'esso; trovò, ripetendo ben cento volte l'operazione, che sempre gli spazj erano tra loro, come i quadrati de'tempi. Ma la gravità opera nel piano inclinato, come nelle altezze perpendicolari, conforme dimostreremo nella Statica; dunque il moto de' corpi gravi cadenti è uniformemente accelerato §. 363. Si servì del piano inclinato perchè in esso diminuendosi la gravità del corpo fin dal principio della caduta, si possono più agevolmente misurare i tempi, che impiega a discendere.

542. La sperienza fatta dal Galilei diede occasione a' Meccanici di esaminarla, e con ciò verificare con nuove sperienze la prima legge de' corpi gravi cadenti. Tra questi abbiamo il P. Riccioli Gesuita nato in Ferrara nel 1598. che la verificò facendo cadere varj corpi da altezze perpendicolari, nel modo seguente.

543. *Sperienza.* Il P. Riccioli come riferisce nella parte prima dell'Almagesto nuovo, per confermare la Teoria Galileana si servì della Torre degli Asinelli in Bologna; la di cui altezza è di piedi romani 280. Avea divisa la stessa in tanto numero di piedi, che dal piano della piazza potevano facilmente scorgersi le divisioni. Quindi da una finestra, che sta vicino alla sua cima lasciò andare un globo di creta pesante 8 once Romane, nel tempo stesso, che due altri dalla piazza notavano il primo i piedi, che descriveva, il secondo il tempo, che impiegava a descrivere un determinato numero de'

me-

medesimi. Si servivano per la misura del tempo d'un pendulo; che faceva ogni oscillazione in 10 minuti terzi, cioè nella sesta parte d'un minuto secondo; e dopo avere adoperata una somma attenzione e diligenza, trovarono, che gli spazj e i tempi erano nella seguente ragione.

Vibrazioni del pendolo.	Piedi scorsi.
5	10
10	40
15	90
20	160
25	250

dividendo i numeri delle vibrazioni per 5, e i numeri degli spazj per 10, resterà ciò non ostante tra i tempi, e gli spazj la stessa proporzione; ed avremo queste ragioni.

Tempi.	Spazj.
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25

dalla qual tavola chiaramente apparisce, che sempre gli spazj sono tra loro come i quadrati de' tempi; come appunto porta la teoria di Galileo. Con un altro globo ripeté di nuovo la sperienza, e i tempi, e gli spazj furono come i seguenti.

Minuti secondi.	Piedi descritti.
1"	15
2"	60
3"	135
4"	240

Se si quadrino i tempi, s'offerterà, che questi sono in proporzione cogli spazj descritti; onde 1:4::15:60, e ancora 1:9::15:135. ec. Le stesse sperienze riferisce il P. Grimaldi Gesuita collo stesso successo, avendole fatte insieme col P. Riccioli. La Teoria di Galileo fu inoltre confermata dalle Accademie di Parigi, e di Londra in più occasioni, e il P. Sebastiano, come riferisce Fontenelle nella Istoria dell'Accademia 1699. inventò una macchina, col cui mezzo potesse esattamente misurarfi lo spazio in ciascun tempo descritto. Noi descriveremo alcune macchine più adattate allo stesso uso secondo lo s'Gravesande, e il Nolet.

544. *Esperienza.* Si formi la macchina IDEI di legno, dimo-  
doche la superficie curva AF, BF la di cui altezza è in circa polli-  
ci 9, sia cicloidale; ma da F, in G, G sia piana, cioè tangente del-  
la superficie cicloidale; lunga un piede, e divisa in molte parti ugua-  
li; da F, F verso A, B sia divisa la superficie cicloidale in parti tra-  
loro disuguali, ma corrispondenti a parti uguali dell'altezza NM.  
Ci siano i suoi ripari HH, LL, H d'un altezza competente; i ripari  
O, O si possano fermare ovunque nella lunghezza FG colle viti.  
Stabilita la macchina orizzontale per mezzo delle viti C, C, e del  
pendulo NM, che sta in mezzo di BA, si mettano i ripari O, O in  
F, F; quindi nel primo spartimento A, e nel secondo B si lascino  
nel tempo stesso due palle d'ottone levigate da altezze diverse,  
nel tempo stesso descriveranno gli archi cicloidali, e arriveran-  
no in F, F. Quindi si dimostra la proprietà degli archi cicloidali,  
che sono percorsi in tempi uguali. Ciò posto si ponga l'ostacolo  
primo O al quarto punto della divisione, da F, e l'ostacolo O al  
punto sesto della divisione computando da F. Il primo globo nello  
spartimento AF si lasci da altezza 4, il secondo in BF da altezza 9;  
amendue arrivano nel tempo stesso agli ostacoli OO. Le altezze dal-  
le quali cadono, sono tra loro come 4: 9; gli spazj descritti FO',  
FO colle velocità acquistate, e che essendo percorsi nel tempo stes-  
so, esprimono le velocità stesse §. 343. sono tra loro come 4: 6,  
e dividendo per 2, come 2: 3; dunque le velocità acquistate nel-  
lo scendere, sono come le radici quadrate delle altezze. Ma que-  
sta è proprietà del moto uniformemente accelerato §. 385. tale per-  
ciò deve esser quello de' gravi cadenti.

545. *Esperienza.* Per confermare la stessa Teoria descrive il No-  
let la macchina seguente. Si stendano due corde di metallo paral-  
lele AB, CD, che facciano con CP un angolo di gradi  $22 \frac{1}{2}$ , e sia-  
no lunghe 12 pollici. Si divida AB in 9 parti uguali. Il pendulo  
fH giri intorno due perni Aa, e sia di tale lunghezza, che faccia  
una vibrazione, nel tempo, che il peso G scende da A fino ad 1.  
Per esser certi di ciò, sotto il pendolo si fissi un sonoro campanello I,  
che il pendolo leggermente toccandolo colla punta sottile nel muo-  
verfi lo faccia sonare. Il peso G, che ha il suo centro di gravità sot-  
to la corda A, per mezzo d'una rotella scorra facilmente per la corda  
AB, e con un filo sottilissimo si tenga attaccato in a, dimodoche muo-  
vendosi il pendolo, questo colla sua punta f, liberi il peso G, accioc-  
chè

Tav. 7.  
Fig. 4.

chè possa scendere. Sopra il punto 1, si fermi con vite il piccolo campanello K, che il peso G passando colla sua punta sottile faccia sonare. Dato moto al pendolo fH, farà subito sonare il campanello I, e libererà nel tempo stesso il peso G; se quando il pendolo fH fa sonare la seconda volta il campanello I, il peso G faccia sonare il suo K, faremo certi, che in una vibrazione di pendolo, va il peso da A in 1. Preparata così la macchina, movendo il pendolo si troverà, che al secondo suono di I, il peso sta in 1, al terzo si trova in 4, al quarto sarà in 9. Dunque nel primo momento descrive 1, nel secondo 3, nel quarto 5 spazj; e perciò il moto del grave cadente è uniformemente accelerato §. 394.

546. *Esperienza.* S'uniscano insieme due tavole perpendicolari AC, CD sopra un base di legno, e si scavi nella prima il canale curvo AB, e bene levigato. Si divida BD in tre parti uguali, e l'altezza BC in tre parti di uguali, che siano come 1, 3, 5; compirli i parallelogrammi, si piantino negli angoli tre anelli a, E, F, voltati coll'apertura verso B; e tali, che per essi possa passare il globo, che si lascia cadere dal punto A. Lasciato il globo dal buco A, quando arriva in B, avrà acquistato una determinata velocità, colla quale scorrerà in tempi uguali spazj uguali, se camminasse per la linea BD, non essendovi nuova causa, che acceleri. Supponiamo, che in un secondo di tempo, o in minuto terzo, o in qualunque altro tempo descriva B1, nel secondo tempo farà 1, 2; nel terzo 2, 3; tutti uguali al primo spazio B1. Ma quando è in B si trova il globo cadente in aria, onde oltre la forza di gravità, è ancora spinto dal proprio peso; perciò se questo ne' tempi uguali a' primi farà obbligato dalla gravità a descrivere spazj, che siano come 1, 3, 5, descriverà di moto composto la parabola BaEF §. 444. nella quale le ascisse B1, B3 ec. sono tra loro, come i quadrati delle ordinate 1a, 3E ec. Ma l'esperienza dimostra, che il globo passa per tutti tre gli anelli a, E, F; dunque realmente la Gravità lo accelera uniformemente §. 444. Con questa esperienza si spiega la seguente, che è di molto uso nella spiegazione di molti fenomeni fisici.

547. *Esperienza.* Sopra due corde ben tese ec, db possa facilmente scorrere la tavola ML. Abbia questa in mezzo un piccolo mortaro come da bomba L, il quale di sotto in vece di fondo ha un pezzo di cilindro di legno, che può muoversi in su, e in giù, ma non già uscire, nè cadere dal mortaro. Sotto questo s'attacchi un

Tav. 7.  
Fig. 5.

Tav. 7.  
Fig. 6.

piccolo martello a molla, il cui manico corrisponde in O; deve essere talmente fatto, che alzandosi tenda la molla, e lasciandolo, questa lo faccia dare con impeto, contro il fondo del mortaro. Si carichi il martello, e in O ci sia una piccola punta, attaccata al filo a O, che trattenga il manico d'esso, e lo tenga caricato. Posta la tavola ML vicino a, dentro il mortaro L si metta una palla d'avorio, che ci vada commodamente; quindi attaccata la tavola al filo MN, che passa per la girella N, si tiri più ugualmente, che si può la tavola sopra le corde tese, e con tale velocità, che in un secondo di tempo faccia 8, o 10 piedi di cammino. Quando la tavola è arrivata come in figura si rappresenta, esce la punta attaccata al filo a O, dal buco della tavola L, si scarica colla molla il martello contro il fondo mobile del mortaro, e questo spinge in aria la palla; allora si continua a muovere la tavola, finchè faccia due volte ancora tanto cammino, quanto ne ha fatto, e vedrete che la palla imboccherà nel mortaro arrivato in S. La palla nell'uscir dal mortaro ha due forze una del martello secondo la direzione Pp, l'altra della tavola, che cammina, secondo la linea MS; perciò va in aria colla direzione PQ, ovvero PR; a misura, che la forza MS è maggiore, o minore di Pp §. 421. Ma essendo in aria, la gravità opera ogni momento, e l'obbliga a descrivere la curva PTS, che è una parabola §. 546. e perciò a imboccare di nuovo il mortaro, quantunque abbia camminato.

548. Per fare l'applicazione di quest' utilissima esperienza, se camminando un vascello si getti dalla sommità dell'albero di mezzo una pietra al suo piede, o da questo si tiri un' archibufata alla cima, il fasso, e la palla caderanno al piede dell'albero, quantunque questo si muova insieme colla nave, e que' che stanno dentro il vascello vedranno muoversi il fasso, e la palla perpendicolarmente, ma quei che stanno alla riva, li vedranno descrivere una linea curva. Dotamente sopra di ciò parla il Galilei nella sua Opera intitolata il Dialogo, alla Giornata seconda, tom. 4. delle sue Opere in Padoa 1744. e il Gassendi con replicate esperienze l'ha confermato. Quindi se camminasse la terra da Occidente in Oriente con velocità da fare 250. tese Parigine in un secondo, e si scaricasse un cannone perpendicolarmente, la palla tornerebbe a imboccarlo, nel discendere. Questa dottrina unita a quella del §. 293. e seguenti, serve per determinare i moti composti relativi, e gli effetti da essi prodotti in più

più circostanze, e il modo con cui si debbono temperare, per produrre un effetto determinato.

549. Confermata abbastanza la prima legge Galileana della gravità, conviene esporre alcune difficoltà, che furono mosse contro di essa. Il P. Francesco terzo de Lanis Gesuita nel tom. 1. del suo *Magisterium Natura, & Artis Tractatu* 3. lib. 1. dal capo 1. al 4., pretende con molte proposizioni, e sperienze dimostrare l'insufficienza della teoria di Galilei. Nella prop. 71. pretende dimostrare, che l'accelerazione geometricamente considerata, cioè supponendo, che la prima velocità iniziale sia infinitamente piccola, deve esprimersi per un triangolo, le di cui ordinate, parallele alla base rappresentino le velocità crescenti; ma parlando fisicamente va altrimenti la cosa, perchè la natura opera sempre determinatamente, e perciò la prima velocità, che da al corpo farà determinata non infinitesima; onde gli spazj non per triangoli, ma per rettangoli dovranno esprimersi; e perciò gli spazj seguiranno la proporzione de' numeri semplici naturali 1, 2, 3, 4, 5 ec. non già de' numeri dispari 1, 3, 5, 7 ec. come vuole Galileo. A questa difficoltà abbastanza abbiamo ovviato nell' esposizione del moto accelerato, e si potrebbe al già detto soggiungere, che la natura corporea opera certo determinatamente, ma non per salti. Comincia dal zero, e va per una serie continuamente crescente, con una ragione determinata, e invariabile, salendo dall' insensibile al sensibile; altrimenti se tralasciasse qualche grado di velocità, e lo saltasse, in quel momento diventerebbe inerte, e perciò resterebbe perpetuamente così per la sez. 3. Ottimamente a questo proposito dice Lucrezio lib. 2. *De Rerum Natura*.

*Prima moventur enim per se primordia rerum,  
Inde ea, quae parvo sunt corpora conciliatu,  
Et quasi proxima sunt ad vires principiorum,  
Istibus illorum caecis impulsa cientur:  
Ipsaque, quae porro paullo majora laceffunt.  
Sic a principijs ascendit motus, & exit  
Paullatim nostros ad sensus, ut moveantur,  
Illa quoque in solis, quae lumine cernere quimus:  
Nec quibus id faciant plagis apparet aperte.*

550. Lo stesso de Lanis nella prop. 76. pretende, che dalle sperienze tanto si ricavi la proporzione degli spazj come i quadrati de'

tem-

tempi, quanto quella degli spazj come i numeri naturali 1, 2, 3, 4 ec. Se un corpo cada da un' altezza in 32 minuti quarti; posto il primo spazio 1, l'ultimo sarebbe 1024, quanto è il quadrato di 32; nella seconda ipotesi l'ultimo spazio s'esprimerebbe per 528, quanta è la somma di tutt' i numeri naturali 1, 2, 3, 4 ec. fino a 32. La differenza tra 1024, 528 è considerabile certamente, ma in pratica non possiamo distinguere i minuti quarti, e perciò dobbiamo prendere un tempo più sensibile: per esempio quattro minuti quarti insieme; onde il tempo di 32 minuti sarà diviso in 8 parti solamente; lo spazio descritto nel primo tempo sarà 10; onde dopo 8 tempi sarà  $64 \times 10 = 640$ , che s'accosta molto più al 528 nato dall' ipotesi degli spazj secondo i numeri naturali 1, 2, 3, 4 ec. Dunque prendendo il tempo sensibile, dall' esperienza tanto si ricava l'ipotesi del Galilei, quanto quella de' numeri naturali. Finalmente computando ancora la resistenza dell'aria, conclude il P. Lana nella prop. 82. che deve in Fisica aver luogo la seconda ipotesi. In conferma di questa opinione, che è del P. de Chales Gesuita *Tom. 2. Mundi Mathematici. lib. 2. Statica, prop. 11.* ripete il Lana l'esperienza già fatta da questo Autore, che osservò, facendo cadere un corpo da alto, la seguente proporzione.

Minuti secondi.	Piedi.
$\frac{1}{2}$ _____	4 $\frac{1}{2}$
1 _____	16 $\frac{1}{2}$
1 $\frac{1}{2}$ _____	36
2 _____	60
2 $\frac{1}{2}$ _____	90.
3 _____	123

551. A questa seconda ragione di Lana rispondiamo, che benchè si conceda, che un minuto quarto non sia sensibile, e perciò si debbano prendere quattro di essi, o ancora maggior tempo, sempre però sarà sensibile il divario d'amendue l'ipotesi, quando si paragonino gli stessi tempi. Per esempio diviso il tempo in 8 parti, nell' ipotesi Galileana l'ultimo spazio sarà 640, in quella di de Chales sarà 360, quanta è la somma di 8 numeri nella serie naturale 1, 2, 3, 4 ec. posto il primo spazio 10; perciò il divario sarà sempre sensibile, essendo poco meno della metà. Quanto all'esperienza fatta dal de Chales, e ripetuta dal Lana diciamo, che si sono serviti di globi d'un gran volume, e piccolo peso; onde la resistenza dell'aria ha perturbato l'esperienza sensibile. De Chales non fa menzione del loro peso, ma bensì il Lana dicendo, che al-

alcuni erano di piombo, e pesavano grana  $25 \frac{1}{2}$ , cioè  $\frac{1}{2}$  d'oncia in circa, essendo l'oncia composta di 576 grana. Altri globierano galle di quercia, il peso delle quali era di grana 46, e perciò  $\frac{1}{12}$  d'oncia in circa. Dal che apparisce il loro piccolo peso, e gran volume aver prodotto tutte quelle irregolarità, che s'offervano nella tavola di de Chales. Di fatto ridotta a minore espressione dividendo i tempi, per  $\frac{1}{2}$ , e gli spazj per 4, avremo la seguente proporzione.

Tempi.	Spazj.
1 _____	1 $\frac{1}{2}$
2 _____	4 $\frac{1}{2}$
3 _____	9
4 _____	15
5 _____	22 $\frac{1}{2}$
6 _____	30 $\frac{1}{2}$

Nella teoria galileana gli spazj dovrebbero essere stati i seguenti. 1, 4, 9, 16, 25, 36; paragonandoli cogli antecedenti, si vedrà, che la differenza si fa maggiore nel fine della caduta, dove appunto la resistenza dell'aria è diventata maggiore.

552. Avendo dunque realmente luogo in natura l'ipotesi di Galileo, a' corpi gravi cadenti, se si concepisca detratta la resistenza dell'aria, potremo applicare tutto ciò che abbiamo dimostrato del moto uniformemente accelerato dal §. 382. a tutto il 397. Come dalle sperienze di Galileo, e Riccioli si deduca, che il moto de' gravi è uniformemente accelerato, oltre i paragrafi citati, si può ancora nel seguente modo ricavare. Secondo quelle sperienze abbiamo  $s: t^2$ ; onde differenziando sarà  $ds: 2tdt$ ; e dividendo per  $dt$  avremo  $\frac{ds}{dt} = 2t$ , ovvero  $c: \frac{ds}{dt} = 2t$ ; perciò  $c: t$ , cioè la velocità deve essere come il tempo, onde il moto sarà uniformemente accelerato §. 301.

553. Quindi dato il tempo in cui un grave descrive qualche spazio, possiamo determinare quelli descritti in ciascun momento. Sia il tempo  $t$ , lo spazio  $a$ , quello descritto nel primo momento  $1$ , sia  $x$ . Avremo gli spazj come i quadrati de' tempi; onde  $t^2: 1:: a: x$ , e perciò  $t^2 x = a$ , onde  $x = \frac{a}{t^2}$ , e questo sarà il primo spazio; ma gli altri sono come 3, 5, 7 ec. §. 365.; dunque il secondo spazio sarà  $\frac{8a}{9}$ , il terzo  $\frac{15a}{25}$  il quarto  $\frac{24a}{36}$  ec. Il globo del Riccioli fece in 4 minuti secondi piedi 240, ond  $t=4$ ,  $a=240$ ; perciò il primo spazio descritto dal globo fu  $\frac{240}{16} = 15$ ; il secondo  $\frac{240}{9} = 45$ ; il terzo  $\frac{240}{4} = 75$ ; il

il quarto fu 105; uniti tutti insieme danno 240. Ciò è conforme alla stessa esperienza del Riccioli.

554. Quindi ancora dato il tempo, in cui un grave descrive uno spazio dato cadendo, possiamo determinare il tempo, che impiegherà a cadere da una data altezza. Sia il tempo  $t$ , l'altezza descritta  $a$ , la altezza da percorrerfi  $c$ , il tempo da impiegarci  $x$ ; avremo  $a:c::t^2:x^2$ ; e perciò  $ax^2 = ct^2$ , onde  $x^2 = \frac{ct^2}{a}$ ;  $x = \sqrt{ct^2 : a}$ . Il globo del Riccioli fa 240 piedi in minuti 4; cerco in quanti minuti descriverà piedi 135 lo stesso globo essendo  $a = 240$ ,  $c = 135$ ,  $t = 4$ ; avremo  $x = \sqrt{2160 : 240}$ ; e perciò  $x = \sqrt{216 : 24} = \sqrt{9} = 3$ ; dunque in 3 minuti scenderà dall'altezza di piedi 135.

555. Quindi dato lo spazio descritto da un grave in un tempo dato, possiamo determinare lo spazio da descriversi in un altro tempo. Sia lo spazio percorso  $a$ , il tempo impiegato per esso  $T$ , lo spazio da descriversi  $x$ , il tempo dato per descriverlo  $t$ ; avremo  $T^2 : t^2 :: a : x$ , onde  $T^2 x = at^2$ ; e perciò  $x = at^2 : T^2$ . Si prenda l'esperienza del Riccioli, in essa abbiamo lo spazio  $a = 240$ , il tempo  $T = 4$ ; il tempo dato  $t$  sia 2 minuti, farà  $x = \frac{26}{4} = 60$ ; onde il globo del Riccioli in due minuti farà 60 piedi, come appunto portò l'esperienza. Questa prima legge dell'uniforme accelerazione ha luogo se i corpi cadenti sotto un piccolo volume contengano molto peso; di modo che la resistenza dell'aria non possa pregiudicar loro nell'accelerazione, che ricevono dalla gravità; ma se i corpi cadenti abbiano un gran volume, e poco peso, allora resterà sensibilmente perturbata questa legge d'accelerazione; come osserviamo ne' pezzi di legno, fovero, o piume cadenti da alto. Anzi può diventare tale resistenza dell'aria rispetto alla forza gravitante, che quanto questa loro comunica di velocità ogni momento, tanto lor venga tolto dalla resistenza dell'aria. In questo caso un corpo non accelererà più il suo moto nel discendere, ma seguirà a scendere con una velocità equabile. Quest'ultima velocità diventata uniforme, si chiama *massima*, e dall'Ugenio *terminiale*.

556. *Esperienza*. Galilei fu il primo, che nel dialogo 4 del moto tom. 3. delle sue Opere 1744. giudicò, che una palla tirata con un archibuso da alto sopra una pietra farebbe più colpo, se venisse da due gomiti d'altezza, che da cento. Questa esperienza non fatta dal Galilei, fu poi eseguita dall'Accademia del Cimento parte 2. Esperienza 3 intorno al moto de' progetti, carte 117 ediz. di Leyden 1731. Osservarono, che

che le fosse fatte da una palla tirata da minore altezza contro una corazza di ferro erano maggiori, che quando la palla scendeva da altezza maggiore; quantunque l'accelerazione della gravità dovesse essere maggiore in questa seconda, che nella prima. Ora questo pruova evidentemente, che l'aria più ritarda un corpo cadente, di quello che la gravità lo accelera; e perciò questa celerità diviene finalmente equabile.

557. *Esperienza.* Il Signor Frenicle al riferire di Du Hamel Istor. dell' Accad. Reale lib. 1. sez. 5. cap. 3. fu il primo, che coll' esperienza dimostrò, che i gravi cadenti riducono finalmente ad equabilità il loro moto. Un globo formato del midollo di sambuco, che avea 4 linee di diametro, dopo avere scorsi 20 piedi non accelerò più discendendo il suo moto. Il gozzo d'un gallinaccio liberato dal grasso, e gonfiato d'aria, dopo aver descritti piedi 12, seguì a cadere con moto equabile. Molte sperienze sopra ciò fece il Newton, come riferisce nella prop. 40. lib. 1. *Principiorum Philosoph. Natur.* colle quali dimostrò, che i gravi cadenti acquistano in qualunque fluido una velocità massima.

558. *Esperienza.* Giovanni Teofilo Desaguliers nato a Londra nel 1683. in presenza di Newton, Halley, Jurin, Foulkes, e Graham fece cadere dall'altezza di piedi Inglese 272. varie vesfiche gonfiate d'aria, e altri globi, in tutti osservando, che la velocità in esse prodotta dalla gravità era maggiore in quelle di maggior peso, e minore in quelle di peso minore; e ciò tutto nasceva dal ritardamento dell'aria, che quantunque posti i corpi d'ugual volume sia lo stesso, ciò non ostante diminuisce più la forza acceleratrice d'un corpo meno pesante, che di uno più pesante, come ora spiegheremo; onde finalmente può ridurre a niente questa forza acceleratrice, e fare, che il corpo scenda senza più accrescere la propria velocità.

*Diametri delle vesfiche.*

In Pollici. millesime.	Grani di peso.	Minuti secondi della caduta.
5            3	128	19 $\frac{1}{2}$
5            193	156	17 $\frac{1}{2}$
5            33	137 $\frac{1}{2}$	18 $\frac{1}{2}$
5            26	97 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$
5            2	99 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$

		Ne' globi di carta	
5	5	1800	6 $\frac{1}{2}$
5	1	1320	7 $\frac{1}{2}$
5	1	1520	7
		Ne' globi di vetro.	
5	42	2610	6 $\frac{1}{2}$
5	55	2910	6

559. Per concepire come corpi dello stesso volume, ma di gravità diversa nell'aria ricevano una diminuzione diversa nella loro forza gravitante, che li accelera; siano due palle A, B, e la gravità della prima A sia 1, della seconda B sia 4; essendo amendue le palle di ugual volume, riceveranno dall'aria la stessa resistenza, perchè escludono uguali volumi di questa, sia questa resistenza  $\frac{1}{2}$ , dunque nella palla A dopo il primo momento resterà forza acceleratrice  $\frac{1}{2}$ , nella seconda B,  $3\frac{1}{2}$ ; dopo il secondo momento nella palla A non ci sarà più forza acceleratrice, e seguirà a scendere colla velocità acquistata, senza più accelerarsi; perchè quanto le vorrà dare d'accelerazione la gravità, tanto le ne scemerà l'aria; e nella palla B resterà ancora 3 di forza acceleratrice. Lo stesso che accade a' corpi dello stesso volume, e diversa gravità, accaderà ancora a quelli di volume diverso, e ugualmente densi; perchè essendo uguali le densità, avrà §. 159. la superficie del piccolo maggior ragione alla sua solidità, o materia, che quella del grande alla sua; onde incontrerà maggior resistenza, §. 166., e perciò più presto scenderà il corpo più voluminoso, che quello meno.

560. Da queste stesse sperienze ricaviamo, che s'è di molto ingannato Aristotele quando ha pensato, che le velocità di due gravi cadenti nell'aria siano proporzionali al peso de' medesimi. Perchè il globo di vetro, che pesava grana 2610. cadde dall'altezza di piedi 272 in minuti secondi 60 $\frac{1}{2}$ ; la vescica, che pesava grana 137 $\frac{1}{2}$ , cadde dalla stessa altezza in secondi 18 $\frac{1}{2}$ . Il peso del primo sta a quello del secondo come 19: 1; la velocità del primo è a quella del secondo, come il tempo di questo, al tempo di quello, §. 343. cioè come 3, 1.

561. Il moto de' gravi cadenti riducendosi ad equabile, si spiega per qual ragione la pioggia, la grandine ec. quantunque scendano da una considerabile altezza, ciò non ostante, non offendano colla loro velocità i minimi organi delle piante. Se la loro velocità non si riducesse ad equabile, ma ne acquistassero in ragione sudduplicata dell'altez-

altezza, sarebbe tale, e tanta la loro percossa, che danneggerebbero ancora i corpi più resistenti. Ma quantà è la *velocità*, che dà a' corpi la propria gravità; o per meglio dire quanto spazio fa oro descrivere in un tempo determinato. Cioè determineremo colla seguente.

562. *Esperienza*. Cristiano Ugenio trovò per mezzo di replicate osservazioni, che qualunque corpo grande, o piccolo detratta la resistenza dell'aria, in un minuto secondo fa piedi parigini 15, pollici 1, linee  $2\frac{1}{4}$ . Che l'accelerazione, che ricevono i corpi dalla gravità sia uguale in tutti, detratta la resistenza dell'aria, lo dimostreremo nella seconda legge; per ora basti l'osservare, che tanta celerità riceve ogni corpo dalla gravità propria, che percorre in un secondo piedi  $15\frac{1}{11}$  in circa; e perciò in un minuto primo, ovvero 60 secondi descriverà §. 555. piedi 54300.; perchè  $1 : 3600 :: 15\frac{1}{11} : 54300$ . Lo stesso ha confermato il Newton nella prop. 40., e Mairano ultimamente nelle memorie dell'Accademia Reale del 1735.

563. Col mezzo di questa sperienza, e co' problemi §. 553. 554. 555., si può determinare facilmente qualunque altezza incognita. Si lasci cadere da essa un grosso sasso a perpendicolo, e si noti il tempo, che sta a giungere in terra o con un esatto orologio, o colle battute di polso, computandosi ciascuna un minuto secondo, quando l'uomo è sano, nè alterato dal cibo, o cammino. Supponiamo, che c'impieghi 4 secondi. Si faccia, §. 562. 555., questa proporzione  $1 : 16 :: 15\frac{1}{11} : x$ , avremo  $x = 241\frac{1}{11}$  piedi parigini; e tanta appunto sarà l'altezza data.

564. *La seconda legge della gravità è, che questa è proporzionale alla massa*. Questa legge è una conseguenza della prima, §. 401.; ma inoltre può dimostrarsi col raziocinio, e colla sperienza.

565. Quanto al primo siano due corpi A, B, che cadano dall'altezza s; il tempo, in cui cade il maggiore A, sia T, quello, in cui cade il minore B, sia t; abbiamo  $T : t :: \sqrt{s} : \sqrt{s}$  §. 393.; ma  $\sqrt{s} = \sqrt{s}$ ; dunque ancora  $T = t$ . Perciò due corpi quantunque disuguali in peso cadono dalla stessa altezza, nello stesso tempo, e colla stessa velocità. Ma quando due corpi disuguali di massa si muovono nel tempo stesso, e colla stessa velocità, i loro moti, ovvero le forze sono proporzionali alle masse §. 356.; dunque nel nostro caso cadendo i due corpi A, B dalla stessa altezza, colla stessa velocità, e nel tempo stesso, bisogna, che siano spinti dalla forza di gravità proporzionale alla loro

massa. Ogni corpo era indifferente a qualunque moto; dunque per determinare un corpo di maggior massa ad andare verso terra, si ricercava più gravità, che a spingere uno di minor massa. Come appunto se vedessimo due corrieri uno assai pingue, e l'altro agile fare la stessa strada, nel tempo stesso; concluderessimo, che quello, che ha più materia, impiega ancora più forza per andare equivoce al secondo. Sia il corpo A il doppio pesante di B; dividete A in due parti uguali B; ciascuna d'esse separatamente andrà colla stessa velocità di B; perchè spinta da gravità uguale; dunque se s'uniscano insieme, e formino il corpo A, che è doppio di B, andranno altresì colla stessa velocità di B; perchè sebbene sia doppia la gravità, è doppia ancora la parte da trasportarsi.

566. Questa caduta di qualunque corpo nel tempo stesso dalla altezza stessa Lucrezio senz'alcuna sperienza ricavò anch'esso col semplice raziocinio, ove dimostra, che i gravi cadenti in un mezzo resistente, cadono con velocità diversa; ma se si detraesse la resistenza, farebbero equivoce. *Lib. 2. De Rerum Natura.*

*Nem per aquas quacumque cadunt, atque aera deorsum,  
Hac pro ponderibus, casus celerare necesse est;  
Propterea, quia corpus aquae, naturaque tenuis  
Aeris haud possunt aequae rem quamque morari;  
Sed citius cedunt gravioribus exuperata.  
At contra nulli, de nulla parte, neque ullo  
Tempore inane potest vacuum subsistere rei;  
Quin sua quod natura petit, concedere pergat.  
Omnia quapropter debent per inane quietum  
Aequae, ponderibus non aequis, concita ferri.*

Più col raziocinio ancora, che coll'esperienza il Galilei nel dialogo 2 del moto tomo 3. dell'Opere 1744., dedusse lo stesso, avendo osservato, che una palla d'oro non previene una di rame, cadendo dall'altezza di 100 braccia, di 4 dita; quantunque la sopravanzi di gran lunga nel peso; lo stesso ancora osservò accadere in palle di piombo, porfido; ec. dal che dedusse, che tutta la diversa celerità, non dipendesse dal peso diverso, ma dalla diversa ragione, che ha la resistenza dell'aria a pesi diversi; di modo che, se i gravi cadessero nel voto, andrebbero colla stessa velocità. Si riputerebbero felici amendue questi autori, se al presente osservar potessero verificato colla sperienza nel voto il lor sentimento.

567. *Esperienza.* Si adattino sopra il piatto di metallo della macchina da votar l'aria, varj cilindri tutti alti come AD uno sopra l'altro; acciocchè formino l'altezza di 6, 07 piedi; e si connettano con cera, refina, e olio liquefatti prima insieme, così l'aria non potrà entrarci dentro. Sopra il tubo DA s'inceri il vaso parimenti di cristallo AEH. Resti questo coperto da un piatto metallico FF. A questo sta fissata la colonnetta G, che è espressa più in grande nella figura 3 dalle lettere GL. Escano da questa le due grosse lastre HH segnate colle stesse lettere in amendue le figure. Per esse passi la vite perpetua IP, che col braccio N esce fuori del piatto, e al foro dove esce ci sono varj cerchi di pelle ingrassata con olio, e acqua acciocchè l'aria non ci penetri, quando si ha da girare la vite. Girandosi questa vite, si gira ancora la ruota dentata K, e con essa l'asse M, e la ruota Q, che è composta di due pezzi, cioè del pezzo piano Q, e del pezzo S, che le sta attaccato dalla parte di sotto come si vede nella fig. 2. Questo pezzo è composto di varie molle R, che vicino ad M, tutto d'intorno sono fermate con viti al pezzo piano Q, e sono incurvate. Tra la molla R, e il suo pezzo piano corrispondente Q si può mettere qualunque corpo, perchè la molla lo terrà. S'inferisca adunque tra essi il pezzo di piombo a, e una piuma c: essendo sei molle, sotto ciascuna si metta un pezzo di piombo, e una piuma. Quindi s'adatti la macchina, come si vede nella figura 2., il grosso filo d'ottone TVX ritorto, e che poi termina in una punta fatta a foglia d'olivo; possa calcandosi in giù spingere tra la molla R, e il piano Q, s'aprirà questa, e nel tempo stesso lascerà cadere la piuma c, e il piombo a. Votati tutt'icilindri perfettamente d'aria; calcando il filo TVX, aprirà questo la molla, caderanno il piombo a, e la piuma c, nel tempo stesso sul piatto della macchina. Per mezzo della vite NI si rivoltirà la ruota X, acciocchè un altro pezzo di piombo, e di piuma corrispondano alla parte di sotto della ruota, potremo in questa maniera ripetere per sei volte l'esperienza, e ciò sempre collo stesso successo. Dunque ogni corpo grande, o picciolo, detratta ogni resistenza, è accelerato dalla gravità nella stessa maniera; e perciò scendendo tutt'i corpi dalla stessa altezza con velocità uguali, in tempi uguali, è necessario, che abbiano forze gravitanti proporzionali alle masse. Quindi resta confermato coll'esperienza, che la gravità è proporzionale alla massa, come dovea dimostrarsi nella seconda legge della gravità.

Tav. 9.  
Fig. 2.

Tav. 9.  
Fig. 3.

Tav. 9.  
Fig. 4.

Fig. 2.

568. Que-

## 214 CAPO XII. DELLE FORZE

568. Questa stessa esperienza si verifica ancora nell'aria stessa; purchè scegliamo corpi, che abbiano non molto grande il volume, ma considerabile la densità. Quindi due grossi pezzi di marmo, quantunque disuguali di peso, nel tempo stesso s'offeranno cadere da una data altezza.

569. Essendo adunque per questa seconda legge la gravità proporzionale alla massa, farà questa una forza dipendente dal numero delle particelle, che formano la materia del corpo. Onde restando questo non si diminuirà l'intera forza gravitante del corpo, quantunque il peso, cioè l'effetto di essa possa diminuirsi, come vedremo in appresso nell'Idrostatica. Dunque la gravità non dipende dalla forma, nè dalla tessitura, nè dalla figura delle particelle, nè dalla superficie del corpo. Perchè mutati questi, si cangerebbe ancora la gravità, quantunque restasse la stessa massa; onde non sarebbe a questa proporzionale.

570. La terza legge di gravità è che questa a distanze considerabili da terra si truova variabile, ed è inversamente come il quadrato della distanza, che ci è tra 'l corpo gravitante, e quello verso il quale gravita. Supponiamo, che lo stesso corpo sia posto successivamente a diverse distanze da terra, che siano tra loro come i numeri seguenti; 1, 2, 3, 4 ec. la gravità d'esso verso terra in queste successive distanze sarà come i numeri seguenti  $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$  ec. cioè nella seconda distanza sarà una quarta parte della prima gravità, a distanza tre volte maggiore sarà la nona parte della prima gravità ec. Perchè i quadrati di questi numeri 1, 2, 3, 4 sono 1, 4, 9, 16; e gl'inversi sono §. 317.;  $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$ .

671. Ricavò questa terza legge il Newton dall'esame delle forze, colle quali i Pianeti sono tratti nelle loro orbite, che intorno al Sole descrivono. I. i Pianeti descrivono linee curve; dunque devono essere portati in giro da due forze una, che chiameremo *centripeta*, e tende a quel corpo, intorno a cui girano, l'altra *centrifuga*, che è secondo la direzione della tangente della curva, che essi percorrono §. 443. II. Dalle osservazioni è noto, che i Pianeti Mercurio, Venere, Marte, Giove, e Saturno rispetto a noi, che stiamo in terra, non camminano sempre secondo la stessa direzione da Occidente in Oriente, ma talvolta apparisce che stiano fermi, qualche volta che tornino indietro; perciò se dagli archi da loro descritti si concepiscano tirate al centro della terra varie linee, queste formeranno varj

trian-

triangoli detti *Aree*. Ora tali aree non sono rispetto alla terra proporzionali a' tempi, ne' quali i Pianeti le determinano; perchè alle volte appariscono quieti, alle volte tornare indietro. Ma rispetto al Sole però come si dimostra in Astronomia, queste aree sono proporzionali a' tempi; onde secondo quello, che dimostreremo nelle forze centrali, la forza centripeta, che muove ogni Pianeta, deve essere diretta verso il Sole, e non verso la terra. Il contrario però accade nella Luna, che descrivendo rispetto alla terra, e non al Sole, le aree proporzionali a' tempi, deve essere spinta da una forza centripeta, che è diretta verso la terra. III. Dalle osservazioni di Keplero fatte sopra il Pianeta Marte, e di Ticone Brahe i Pianeti tutti intorno al Sole descrivono ellissi, e il Sole non sta nel centro di essa, ma in uno de' fochi; lo stesso si dica della Luna rispetto alla terra. IV. Nel Trattato delle forze centrali dimostreremo, che quando un corpo deve intorno un altro, che sta nel foco, descrivere un ellissi, ha da esser mosso da una forza centripeta, che sia inversamente, come il quadrato della distanza da esso. Dunque tutt'i i Pianeti intorno al Sole, e la Luna intorno la terra sono spinti da forze centripete inversamente, come i quadrati delle distanze dal Sole, e dalla Terra; perciò essendo la forza di gravità verso la Terra della stessa ragione, che la forza centripeta della Luna verso d'essa, e degli altri pianeti verso il Sole, ne siegue §. 14., che anche la gravità de' corpi debba essere nelle distanze maggiori da terra, inversamente come il quadrato della distanza da essa. Ciò che non passerebbe i limiti d'una ben fondata analogia lo ha dimostrato il Newton, facendo con osservazioni immediate vedere, che la *forza centripeta della Luna è la stessa, che la gravità terrestre*.

572. Sia T la terra, MLB l'orbita, che descrive la Luna in giorni 27, ore 7, minuti 43'; ovvero essendo l'ora composta di 60', in minuti primi 39343'. La distanza LT della Luna da terra mediocre è di  $60 \frac{1}{2}$  semidiametri terrestri. Essendo secondo il più degli Astronomi, secondo Piccardo il semidiametro mediocre TE, di piedi parigini 19615800; moltiplicando questo per  $60 \frac{1}{2}$  avremo  $LT = 1186755900$ . L'orbita lunare si divide come qualunque cerchio in 360 gradi, un grado in 60' primi, un primo in 60" secondi. Perciò tutta l'orbita lunare conterrà minuti secondi 1296000". Prendete l'arco LB, descritto dalla Luna in un minuto primo di tempo. Per sapere quanti minuti secondi di grado sia l'arco LB, dividete

Tav. 8.  
Fig. 5.

dete l'orbita lunare 1296000" per lo tempo impiegato a descriverla 39343', e il quoziente di secondi 33" esprimerà quanti secondi di grado contenga l'arco LB. Si cali il perpendicolo BD, e si compia il parallelogrammo DLCB. Essendo il raggio TL assai grande, e l'arco LB di 33" secondi, e perciò assai piccolo rispetto alla vasta periferia, di cui è porzione, si potrà riputare come linea retta. Quindi LC esprimerà la forza centrifuga, LD la centripeta, che unite insieme fanno alla Luna percorrere la diagonale LB.

573. Per ritrovare quanti piedi conterrà la linea LD, essendo noto l'angolo LTB, o l'arco LB, farà LD seno verso dell'angolo LTB di 33; onde per la Trigonometria avremo questo seno verso uguale 1275235. Quindi farà TL seno tutto, ad LD seno verso; come TL nota in piedi, ad LD in piedi, da trovarsi, e perciò 100000000000000: 1275235:: 1186755900: LD; Il prodotto del secondo nel terzo termine è; 1513392660136500; dividendolo per lo primo, cioè tagliando 14 numeri quanti sono i zeri, farà  $LD = 15 \text{ } \ddagger \frac{113326601365}{1000000000000}$ . Questa frazione è uguale ad  $\frac{1}{12}$  in circa; perchè se si faccia la proporzione 1000000000000: 133926601365:: 12: x, il numeratore della nuova frazione, il di cui denominatore è 12; farà poco più d'uno. Onde la linea LD essend'uguale a piedi parigini  $15 \text{ } \ddagger \frac{1}{12}$ , se cessasse nella Luna la forza centrifuga LC, scenderebbe verso terra in un minuto primo per la forza centripeta descrivendo la linea LD di piedi parigini  $15 \text{ } \ddagger \frac{1}{12}$ . Fingiamo ora, che la Luna scenda sulla superficie della terra, cioè s'accosti 60 volte più di quello, che era in L, la sua forza centripeta farà 3600 volte maggiore di prima; onde descriverà in un minuto primo di tempo piedi  $15 \text{ } \ddagger \frac{1}{12} \times 3600$ , cioè piedi parigini 54300. Ma ogni corpo nella superficie della terra secondo l'osservazione d'Ugenio descrive, §. 562. in un minuto primo di tempo piedi parigini 54300; dunque la *Forza centripeta della Luna è la stessa, che la gravità de' corpi terrestri*. Come dovea dimostrare.

574. Con questo singolare calcolo Newtoniano, nel quale non si può desiderare maggiore accuratezza, si rende la *Gravità terrestre* nniversale a tutto il Planetario sistema, e con esso si spiegano i più intrigati fenomeni del Cielo. Imperocché il girare de' Pianeti primarj intorno al Sole, de' secondarj intorno a Giove, e Saturno sono fenomeni della stessa ragione, che il moto della Luna intorno la terra; ma questo si fa per la gravità terrestre; dunque quelli si fa-

ranno

ranno per una consimile forza gravitante verso il Sole, e Giove, e Saturno. La gravità adunque è quella forza, che tiene colligate, e in perfetta armonia le parti di questo vasto sistema mondano.

575. La prima, e la seconda legge di gravità ha luogo ne' corpi, che sono sulla superficie della terra, e perciò serve per rendere ragione de' fenomeni fisici; perchè la gravità si suppone costante, proporzionale alla massa, e che accelera i corpi uniformemente. Ma se prendiamo sensibili distanze dalla terra; allora questa gravità si troverà non costante, ma diminuita, come s'è accresciuto il quadrato della distanza; e questa diminuzione, che accade in tutta la gravità del corpo, nascerà ancora proporzionalmente in tutte le parti di esso; dimodoche sarà sempre la gravità anche a diverse distanze proporzionale alla massa del corpo. Seguirà adunque la gravità de' corpi celesti la ragione diretta delle loro masse, e inversa de' quadrati delle loro distanze. Quindi se la gravità di Giove si chiami  $G$ , la sua massa  $M$ , la distanza dal Sole  $D$ ; la gravità di Marte  $g$ , la sua massa  $m$ , la distanza dal Sole  $d$ ; avremo  $G:g::(M:D^2):(m:d^2)$ . Lo che può servire di teorema fondamentale per la gravità a diverse distanze. Ma se vogliamo esaminare la gravità d'un corpo a qualunque distanza da terra benchè grande, purchè sempre resti la stessa, o quasi la stessa, allora tornerà di nuovo ad aver luogo l'uniforme accelerazione del Galilei, e si riputerà costante la gravità; perchè quantunque per riguardo ad altre minori, o maggiori distanze, si sia mutata; ciò non ostante in quel luogo, dove si considera, resta sempre la stessa, almeno per riguardo a' nostri sensi.

576. Dopo aver dimostrato le tre fondamentali leggi, colle quali si regolano i corpi gravi nel loro moto, è necessario esaminare più minutamente se in diversi luoghi della terra resti sempre la gravità ne' corpi della stessa intensità, o pure sia soggetta a qualche mutazione, come abbiamo osservato accadere a diverse distanze da terra.

577. *Osservazioni.* Il Signor Richer nel 1672. essendo andato nell'Isola Cajenna lontana dall'Equatore gradi 4, minuti 55', per fare l'osservazioni astronomiche fu il primo ad accorgersi, che il suo orologio a pendolo, col quale misurava il passaggio delle stelle per lo meridiano, che succede quasi ogni 24 ore, andava più tardi di quello, che porti il moto medio del Sole, minuti primi 2', secondi 28" ogni giorno. Quindi preso un pendolo semplice, e aggiustandolo per mezzo d'un orologio oscillatorio perfetto, acciocchè

faceffe le fue vibrazioni in un minuto fecondo, notò attentamente per dieci mefi continui la lunghezza, che dovea avere per tale effetto. Di ritorno in Francia paragonò la lunghezza di queſto pendolo, con quella de' pendoli di Parigi, che oſcillavano a ſeconde §. 123., e trovò, che quello di Cajenna era più corto linee  $1\frac{1}{2}$ , o più veramente, ſecondo la correzione del Newton prop. 20. lib. 3. de' Principj, linee  $1\frac{1}{2}$ . Da ciò deduffe, che, acciocchè un pendolo vicino all'equatore oſcillaffe come a Parigi, biſognava accorciarlo; onde reſtando della ſteſſa lunghezza, che in Parigi farebbe andato più tardi. Eſſendo noto nella dottrina de' pendoli, che per accelerarli conviene farli più corti. La cauſa di queſto ritardamento fu immediatamente riſlettuto altra non poter eſſere, che la gravità del globo attaccato all'eſtremità del pendolo, la quale foſſe minore ſotto l'Equatore, che ne' luoghi più lontani. Queſto eccitò l'Allejo nel 1677. ſtando nell'Ifola di S. Elena, che è lontana gradi 16 dall'Equatore verſo il polo auſtrale, ad oſſervare ſe quivi ancora ſi verificava lo ſteſſo, e notò anch'eſſo, che il ſuo pendolo era più corto linee  $1\frac{1}{2}$ .

578. *Oſſervazioni.* L'anno 1682. i Signori Varin, e Des Hayes oſſervarono, che nell'Ifola Gorea lontana dall'Equatore gradi  $14^{\circ}$ , minuti 40' il pendolo ilocrono a quello di Parigi, cioè che oſcillaffe a ſecondi, dovea eſſere più corto 2 linee Parigine. Quasi la medefima differenza trovarono lo ſteſſo anno andando nell'Ifole Guadalupa, e Martinica diſtanti dall'Equatore 14 gradi. Il Signor Couplet il figlio nel 1697. avendo adattato a Parigi lontana dall'Equatore gradi 48 il ſuo orologio oſcillatorio, che andaffe eſattamente col moto medio del Sole, viaggiando a Liſbona, che è lontana dall'Equatore, cioè ha di latitudine gradi 38, trovò, che quivi andava più tardi di Parigi minuti 2', ſecondi 13" ogni 24 ore, e il pendolo dovette accorciariſi a Liſbona linee  $2\frac{1}{2}$ , acciocchè andaffe giuſto col moto medio del Sole. Newton corregge la differenza, che è troppa, e la fa di linee  $1\frac{1}{2}$ , queſta appunto abbreviazione nel pendolo corriſponde alla differenza del tempo di 2' primi, 13" ſecondi; ma riſette egli ſteſſo, che a queſta imperfetta oſſervazione non conviene fidarſi. L'anno 1699. 1700. il Signor Des Hayes viaggiando nell'Ifola Cajenna, e Granata lontana dall'Equatore 12 gradi minuti 6' trovò, che la differenza del pendolo ſotto quello di Parigi era quaſi due linee; di più oſſervò, che tra l'Ifola di S. Domenico, che ha di latitudine gradi  $19^{\circ}$  min.

min. 48', e l'Isola di S. Cristoforo, che ha di latitud. gr. 17°, minuti 19', nella lunghezza del pendolo vi era la differenza di  $\frac{1}{4}$  di linea Parigina.

579. *Osservazioni.* L'anno 1704. il P. Fevellè a Portobelo nell'America, che ha di latitudine gr. 9° minuti 33' osservò, che il pendolo quivi isocrono a quel di Parigi, doveva esser più corto di 3 linee; ma siccome viaggiando poi nell'Isola Martinica, che ha di latitud. gr. 14°, min. 44' trovò ancora la differenza di poco più di 3 linee, perciò qualche errore come osserva il Newton, prop. 20. lib. 3. de' Principj. ha commesso nell'osservazione. Quindi bisogna correggere l'osservazione, come fecero Varino, e Des-Hayes, che nell'Isola Guadalupa, che ha di latitud. gr. 14°, e nella Martinica trovarono la variazione di linee  $1\frac{1}{4}$ . Il Signor Campobel avendo a Londra aggiustato un pendolo del Signor Graam, il quale faceva a ciascuna vibrazione in un minuto secondo, e avendo diligentemente notato il grado di caldo, che era allora, trasportò lo stesso pendolo alla Giamaica, che ha di latitudine 18 gr. Quivi osservando il passaggio diurno delle stelle per lo Meridiano, trovò, che il pendolo ritardava ogni giorno due minuti secondi e mezzo. Esaminando il grado maggiore di caldo, trovò, che questo aveva slungata l'asta del pendolo, tanto che produceva ogni giorno un ritardamento di 8 secondi, e mezzo. Quindi dedusse, che il ritardamento di minuti primi 1, secondi 57 e mezzo, non poteva provenire da altro, che dalla diminuzione di gravità, del globo del pendolo sotto l'Equatore. Dunque essendo Londra alla latitudine di 51. gr. e mezzo, e la Giamaica a quella di gr. 18, la differenza di questi numeri porta con se tanto ritardamento andando verso l'Equatore. Con queste osservazioni il celebre Bradley formò una tavola della diminuzione di gravità dal polo andando all'Equatore, che sta inferita nelle transazioni. Anglicane num. 432. Bouguer nell'Isola di S. Domenico, che ha di latitudine gradi 19, 48 primi osservò doverli accorciare il pendolo una linea; a Portobelo, che di latitudine 9 gr., 33 primi si deve accorciare una linea, e  $\frac{12}{100}$ ; nella Città di Quito che ha di latit. merid. min. 25' una linea e mezza.

580. Da tutte queste osservazioni agevolmente si può ricavare, che la gravità de' corpi si diminuisce andando verso l'Equatore, e perciò s'accresce andando verso il polo. Imperocchè il ritardamento osservato nel pendolo, o può dipendere dallo slongamento dell'asta

d' esso nato dal maggior calore in un luogo, che in un altro; essendo noto dal trattato de' pendoli, che i più lunghi, più tardi oscillano; o deve il ritardamento dipendere dalla gravità del globo attaccato ad esso, che sia minore ne' luoghi vicini all' Equatore; giacchè tutto il moto de' pendoli dipende dal peso loro attaccato. Ma osserva il Newton luogo citato, che da tutte l' osservazioni fatte nell' Isola Gorea, Guadalupa, Martinica, Granata, S. Cristofaro, e S. Domenico, si ricava, che la differenza nella lunghezza del pendolo non è minore d' una linea, e  $\frac{1}{2}$ , nè maggiore di linee  $2\frac{1}{2}$ . Tra questi limiti scegliamo la quantità mediocre di linee  $2\frac{1}{2}$ . Piccart osservò, che un' asta di ferro, la quale ne' gran freddi era d' un piede, scaldata al fuoco crebbe un quarto di linea. De la Hire osservò, che un' asta 6 piedi lunga esposta al Sole d' estate crebbe  $\frac{1}{2}$  di linea. L' asta del pendolo mai s' espone al calore diretto del Sole; dunque attribuendo al calore maggiore sotto l' Equatore, che a Parigi, e a Londra  $\frac{1}{2}$ ; tanto e tanto resterà la differenza dipendente dalla diminuzione di gravità in 2 linee. Onde dalle precedenti osservazioni, e da quella di Campobel, che computò lo slungamento dell' asta, si ricava evidentemente questa diminuzione di gravità.

§81. Newton prop. 20. lib. 3. stabilisce, che l' accrescimento della gravità, andando dall' Equatore al polo sia prossimamente, come il quadrato del seno retto della latitudine di ciascun luogo; e con ciò forma una tavola, nella quale nota varie latitudini di luoghi, e le corrispondenti lunghezze, che si ricercano nel pendolo, acciocchè oscilli a seconde. Con questa regola truova la tavola formata poco diversa dalle osservazioni. Ma siccome questa tavola è fatta posto un determinato acciaccamento della terra sotto i poli; perciò il Maupertuis nel lib. 3. c. 6. della figura della terra stampata a Parigi 1739: trovò l' accelerazione del pendolo da Parigi a Pello, che sta di là dal cerchio polare, e ha d' elevazione di polo gradi  $66^{\circ}$ , primi  $48'$ , secondi  $20''$ ; consistere in 6 minuti secondi  $\frac{1}{2}$  più di quello, che porta la tavola del Newton; onde secondo questa osservazione la terra è più acciaccata sotto i poli di quello che la fa il Newton. Trovò inoltre la stessa accelerazione maggiore di  $4'$  secondi,  $\frac{1}{2}$  della tavola di Bradley. Il pendolo inoltre da Parigi a Pello accelera in una rivoluzione delle Stelle minuti secondi,  $59''\frac{1}{2}$ , e la gravità di Parigi, a quella di Pello sta secondo lo stesso Autore come 10000 : 100137. Paragonando Maupertuis le proprie osservazioni fatte, quando andò  
a mi-

a misurare il grado terrestre vicino al Polo insieme con i Signori Clairaut, Camus, Monnier, Outhier, e Celfio nel 1736. con quelle del Signor Goudin, e compagni, che andarono nel tempo stesso sotto l'Equatore, le trovò perfettamente d'accordo con queste. Quindi in fine del discorso sopra la Parallaxi della Luna, che sta con altri opuscoli suoi stampati a Amsterdam nel 1744. fa una tavola di tutte le lunghezze del pendolo che fa le oscillazioni in un secondo, trovate in diversi luoghi della terra, scegliendo tra tutte le precedenti, le più accurate osservazioni. Riduce la lunghezza del pendolo in diversi luoghi della terra a linee, e parti di esse, e ancora a parti decimali. Per esempio a Quito secondo la tav. 11. la lunghezza è secondo Bouguer linee 438  $\frac{11}{100}$ ; cioè piedi Parigini 3 linee 6  $\frac{11}{100}$ . Queste osservazioni, come apparisce dal §. 577. e seg. alcuni le hanno fatte determinando le lunghezze diverse del pendolo, che si ricercano acciocchè questo faccia ne' luoghi diversi le oscillazioni in un minuto secondo; alcuni altri le hanno fatte notando l'accelerazione, o ritardo, che riceve lo stesso pendolo in luoghi diversi, nello spazio d'una rivoluzione delle Stelle intorno la terra. Perciò lo stesso Maupertuis nella figura della Terra stampata a Parigi 1739. dà una tavola dell'accelerazione del pendolo, e suo slungamento computata secondo l'accrescimento di gravità trovato tra Parigi, e Pello, e colla regola Newtoniana de' quadrati de' seni di latitudine; ed un'altra, che è la seguente, nella quale secondo le osservazioni stesse della tav. 11. computa la ragione, che passa tra la gravità d'un corpo stesso in differenti luoghi della terra, scegliendo per più sicurezza tra le osservazioni quelle, che sono state fatte dagli stessi osservatori, o cogli stessi stromenti.

Tav. 11.

Tav. 12.

*Tavola delle gravità diverse dello stesso corpo in varj luoghi.*

<i>Luoghi.</i>	<i>Latitudine.</i>	<i>Pesi.</i>	<i>Osservatori.</i>
A Pello	66° : 48	100137	Clairaut, Camus, Monnier, Maupertuis,
A Londra	51 : 31	100018	Graham.
A Parigi	48 : 50	100000	Tutti gli Osservatori.
A S. Domenico	19 : 48	99647	Des Hayes.
A S. Domenico	18 : 27	99732	Godin.
Alla Giamaica	18 : 0	99744	Campbell.
A S. Cristoforo	17 : 19	99590	Des Hayes.
Alla Guadalupa	16 : 0	99533	Varin, Des Hayes, de Glos.
Alla Martinica	14 : 44	99532	Des Hayes.
A Gorea	14 : 40	99546	Varin, Des Hayes, de Glos.
A Porto Belo	9 : 33	99665	Godin.
Alla Cajenna	4 : 56	99716	Richer.
	meno di	99533	Des Hayes.

Per

Per concepire i numeri della tav. 12. convien sapere, che nella 1.ª colonna ci sono i gradi d'elevazione di Polo, nella 2.ª i primi numeri sono minuti secondi, que' dopo la virgola sono parti decimali, così ancora nella 3.ª colonna. Onde 1", 6, significa un secondo e  $\frac{6}{10}$ ; o 1016, niun secondo, e  $\frac{16}{100}$  ec. In somma ad ogni decimale vi si concepisce sotto, 1 con tanti zeri, quanti sono i numeri del decimale. Vedi sopra ciò la mia Aritmetica par. 3. stamp. 1744.

582. La cagione di questa diminuzione di gravità non si può esaminare, che nella Fisica particolare, ove si discorre della figura della terra, e direzione de' corpi gravi. Resta ora, che esaminiamo se questa gravità possa meccanicamente spiegarsi. Tutti quasi i Filosofi avendo preso la gravità come un effetto naturale, si sono per lungo tempo industriati di renderne la ragione. Aristotele nel lib. 8. della Fisica c. 4. esponendo le opinioni degli antichi dimostra, che la gravità non può nascere da principio interno nel corpo; perchè se potessero i corpi da per se stessi muoversi, potrebbero ancora fermarsi; e perciò avrebbero un principio da determinarsi, cioè l'anima, di più il corpo essendo un continuo, o una unione di parti; non può concepirsi come nel tempo stesso sia movente, e mobile. Da tutto ciò ne siegue, che la gravità deve spiegarsi per qualche principio esteriore al corpo; onde quando ognuno con tutta ragione aspetterebbe di sentire da Aristotele qualche competente spiegazione della medesima; se ne disbriga dicendo, *che questa è l'essenza de' corpi leggieri, e gravi; de' primi lo star in alto, de' secondi abbasso*. In appresso dice, *che i gravi, e i leggieri, sono mossi da quello, che li ha generati, o da quello, che ha tolto le cose, che potevano impedire il loro moto*. Quindi si vede, che lo stesso Aristotele niente di più ha detto degli antichi Filosofi, e più tosto ha preso la gravità come un originario impulso del primo autore della Natura. Quanto alle ragioni, che porta per dimostrare, che la gravità non possa essere interna, non suffistono posta l'inerzia della materia, colla quale ogni corpo ricevuto una volta il moto, o l'attuale gravità, deve perpetuamente conservarla, se pure non venga impedito. Onde non è necessario, che avendola attualmente, debba per la stessa ragione avere la potenza di non andare al centro; essendo questa gravità un attuale, e continuo sforzo, non una potenza d'andare, o non andare al centro, la quale certamente suppone una Sostanza animata. A ciò che soggiunge diciamo, che il corpo è sempre in attuale moto, o sforzo

di muoversi, nè in questo c'è assurdo. Poco dall'opinione d'Aristotele è diversa quella del P. Paolo Casati Piacentino della Compagnia di Gesù nelle sue dissertazioni Idrostatiche stampate in Parma nel 1695., e di Andrea Rudigero nato nella Misnia nel 1673. nella sua Fisica divina stampata a Francfort nel 1716., asserendo questi autori, che i corpi sono pesanti, perchè non si ritruovano nel proprio luogo, o nel centro della terra, a cui tendono incessantemente. Questa *tendenza, potenza, appetito ec.* sono termini, che convengono a' corpi animati, non già agli inerti.

583. Guglielmo Gilberto nato a Gloucester in Inghilterra nella sua *Philosophia nova de Magnete &c., & magno Magnete tellure* anno 1600. ad Amsterdam; e Pietro Gassendi nella sua Fisica giudicano, che la terra sia una grossa calamita rispetto a tutt'i corpi, come la pietra calamita per riguardo al ferro. S'immaginano per tanto, che continuamente escano da terra molti effluvj, o parti invisibili, che incessantemente urtando ne' corpi, li tirino verso la stessa. Non avendo però spiegato come questi atomi, che vanno da sotto in su, possano portare i corpi da sopra in giù; perciò hanno lasciata dubbiosa la spiegazione della gravità, non avendo altro fatto, che dichiararla coll'esempio della calamita, quando tira il ferro; cioè con un fenomeno ugualmente difficile della stessa gravità.

584. Di qui nacque, che Francesco Bernier discepolo del Gassendi nel suo Compendio della Filosofia Gassendistica uscito nel 1678. al lib. 2., pensò una maniera meccanica di spiegare cogli effluvj la gravità. Suppone esso, che queste particelle escano dalla terra a guisa di tanti raggi, che escono dal centro d'un circolo. Quindi nasce, che debbano obliquamente urtare sopra la superficie de' corpi, eccettuatone un solo, che può essere ad essa perpendicolare. Da questo urto obliquo, che fanno gli effluvj terrestri contro la superficie de' corpi, ne nasce per le regole del moto composto, che debbano muoversi secondo la direzione del raggio perpendicolare alla superficie del corpo; e perciò per tale linea scendere verso terra.

585. Questa spiegazione, che meritamente Pietro Silvano Regis nato in Agen l'anno 1632. nella sua Fisica stampata al 1692. lib. 2. chiama gratuita, e sopra niuna sperienza stabilita, è soggetta a molte difficoltà, che facilmente ognuno potrà scorgere. Tra le molte n'esporrò una sola; che in questa ipotesi, per poter spiegare come la gravità sia proporzionale alla massa, converrebbe supporre in cia-

scun

scun corpo due volte più pori, che materia solida; e perciò il numero delle parti solide di ciascheduno direbbe sempre la stessa ragione al numero de' pori; quindi ogni corpo sarebbe della stessa densità, ciò che è contro l'esperienza. Che il numero de' pori debba esser doppio, è chiaro. La gravità per la legge seconda è proporzionale alla massa. Quegli effluvj, che urtano obliquamente la superficie esterna delle parti de' corpi sono atti a spingerli in alto, e non abbasso, secondo le leggi del moto composto. Onde per distruggere l'impulso in alto, dobbiamo nel corpo ammettere un numero di pori uguale al numero delle parti, che sono nel corpo, acciocchè gli effluvj ch'entrano per essi, urtando obliquamente nelle parti interne del corpo, lo determinino abbasso; e perciò distruggano il primo impulso, fatto nella superficie esteriore delle parti del corpo. Oltre questo, si ricercherà un ugual numero di pori, per determinare realmente il corpo a scendere verso terra.

586. Cartesio nella parte 4. de' suoi Principj dopo avere esposto come la terra, che prima era una stella a poco a poco unendosi le sue parti, e ingrossandosi, sia diventata un corpo opaco, quale è presentemente; nel §. 20. scende a spiegare la gravità de' corpi. Tutta questa materia, che nel Mondo intero veggiamo è composta per esso di tre principali parti, o elementi; il primo de' quali consiste in particelle sottilissime, e agitatissime, che ogni figura possono facilmente prendere, entrando negl'interstizj lasciati dalle altre parti, perchè sono minutissime, ma niuna ne mantengono, perchè mobilissime. Il secondo elemento è composto di particelle perfettamente rotonde, e meno agitate del primo. Il terzo di parti, che hanno tutte, diverse figure, e irregolari. Questa triplice sostanza è nata, perchè Iddio dopo aver creato la materia, senza alcun voto, e distinta in parti, che per più comodo finge esser cubiche, ed imprefogli il moto, queste non trovando ove muoversi, perchè tutto era pieno, furono obbligate a girare intorno a se stesse, strofinarsi vicendevolmente, e corrodersi, e quindi formare i tre elementi già detti; da' quali poi sono nate tutte le stelle, che vediamo. Ma col progresso del tempo alcune di queste stelle più piccole essendosi ingrossate le loro parti componenti, e passate molte in terzo elemento, hanno formato nel mezzo del loro vortice, che prima composero un corpo opaco, come è la terra. Intorno però a questo restò una

*scris*

*materia celeste*, la quale come più atta al moto del terzo elemento seguitò a girare intorno alla terra, e comporre un vortice di materia agitatissima, che trasporta in giro continuamente la terra intorno a se stessa, e nella propria orbita intorno al Sole.

587. Sappiamo inoltre per esperienza, che ogni materia, che gira, si sforza continuamente di slontanarsi dal centro del suo moto, come un sasso girato colla fionda, o la polvere, che gittata sopra una ruota, che si rivolta, la vediamo per ogni verso slontanarsi, e fuggire da essa. Questo sforzo che viene detto centrifugo, tanto è maggiore nella materia, quanto questa è più atta a muoversi, o attualmente ha maggior moto. Posti tali preliminari siccome la materia celeste, che gira intorno alla terra, non truova alcun luogo voto, ed è più mobile di quello, che sia la terra stessa, non solo la trasporterà in giro, e la farà divenire rotonda, ma coll'eccesso del moto, che ha sopra di essa, si sforzerà continuamente di slontanarsene, e ciò per ogni verso, e direzione, essendo tutto pieno; di modo che acquisterà un moto centrifugo sferico, cioè avrà uno sforzo per islontanarsi dal centro della terra continuamente più che tutte l'altre parti terrestri, più dell'acqua, e dell'aria stessa, ovvero di quelle parti dell'aria, che nascono dalle continue esalazioni e vapori de' corpi. Quindi nella materia celeste conviene distinguere due sorte di moto, uno che è comune ancora alla terra, colla quale girando regolarmente intorno all'asse, o linea che passa per gli poli della terra, trasporta questa in giro; l'altro, che è l'eccesso del moto sopra quello della terra, col quale questa materia si muove per ogni verso; così s' esprime il Cartesio nel §. 22. del luogo citato.

588. Ora questo moto della materia celeste per ogni verso, fa che se dentro l'aria si metta qualunque corpo, escludendo questo un volume d'aria ad esso uguale, insieme con questo escluderà quella materia celeste, che dentro il volume d'aria è contenuto. Ma siccome ancora nel corpo c'è porzione di tale materia, quindi quello, che di più soprabbonda nell'aria, avendo lo sforzo centrifugo per ogni verso dal centro della terra, premerà il corpo verso lo stesso centro; perchè questo non può secondare, come più inetto a muoversi, lo sforzo per ogni verso di tal materia. Ecco come nell'ipotesi addotta spiega il Cartesio la gravità di tutt'i corpi, per lo continuo sforzo centrifugo della materia celeste, ma principalmente della materia sottile, che in essa è contenuta. La spiegazione del Cartesio ha una

antichissima origine, come apparisce dal *lib. 2. de Calo*, dove Aristotele esponendo l'opinione d'Empedocle, dice che questi giudicava la terra esser andata al centro del Mondo per la risoluzione del Cielo; della stessa sentenza fu Ippocrate, come apparisce dal suo libro delle Carni.

589. Confermò il Cartesio la sua spiegazione con un'esperienza, che riferisce nelle sue lettere. Empì un vaso di limatura di ferro, e raschiatura di legno, quindi, avendolo chiuso, e postolo sopra una rota orizzontale lo fece girare per lungo tempo; avendolo aperto in appresso trovò, che la raschiatura di legno era in mezzo del vaso, e la limatura alla circonferenza. Amendue queste parti riceverono dal vaso il moto circolare; ma le parti del ferro come più solide, §. 350., avendo maggior moto di quelle del legno, andarono alla periferia. Simile a quella di Cartesio è la spiegazione, che dà il Roault nella parte 2. della Fisica cap. 25. §. 7., e seguenti. Questo autore, ometta l'ipotesi de' tre elementi, e della formazione della terra, comincia la spiegazione dalla forza centrifuga, che deve necessariamente avere una materia, che è portata in giro, e massime quella, che ha più moto, o è più abile a riceverlo. Compruova la sua spiegazione colla speriienza fatta dall'Ugenio, che la porta nel discorso della causa della gravità. Dentro un vaso inverniciato di bianco, e di creta faentina, ch'era rotondo, col fondo piano, e avea 8. once di diametro, e 3 d'altezza, pose della raschiatura di cera Spagna, e poi l'empì d'acqua. Incollatovi un coperchio di vetro; cosicchè il vaso fosse tutto pieno, lo fissò sopra una ruota orizzontale. Facendo andar questa in giro, osservò sul principio, che la cera di Spagna, che stava nel fondo del vaso, cominciò ad andare verso la circonferenza del vaso; perchè essendo le sue parti più irregolari, che quelle dell'acqua, più facilmente toccando il fondo del vaso, furono dal suo moto circolare trasportate, che quelle dell'acqua, onde ebbero sul principio maggior forza centrifuga. Ma avendo fermato il vaso, siccome le parti di cera di Spagna, per la stessa irregolarità trovarono nel fondo del vaso più intoppo, che quelle dell'acqua, perchè sono levigate; nacque che perdendo il lor moto, prima di quelle dell'acqua; furono da queste spinte verso il centro del vaso, e quivi un piccolo rotondo globo formarono.

590. La spiegazione di Cartesio, come ognun vede, non passa i limiti del possibile, non essendo provata con alcuna esperienza l'esistenza

stenza di questi tre elementi, della materia sottile, de' vortici, e del pieno, nè avendo alcun fondamento d'analogia; anzi che dalla forza di resistenza, che hanno tutte le parti della materia, deve ricavarfi, che o non si dà moto, o si danno necessariamente infiniti piccioli luoghi voti d'ogni materia. Ma supposto ciò che vogliono i Cartesiani, per mezzo di questa ipotesi non s'arrivano a spiegare i fenomeni della gravità. I. dalla stessa spiegazione apparisce, che la gravità non può essere proporzionale alla massa; perchè è solo proporzionale alla forza centrifuga di quella porzione di materia celeste, che si truova tra le parti dell'aria grossa, la quale è molto minore del numero delle parti solide di ciascun corpo. II. ogni corpo riceverebbe dalla materia celeste un doppio impulso, cioè uno per la linea perpendicolare all'asse terrestre intorno il quale si muove la materia del vortice; e perciò per una linea obliqua alla superficie della terra; l'altro impulso per una linea perpendicolare a questa superficie, che tenderebbe al centro della terra §. 587. Questo fu un dubbio mosso da Giacomo Bernoulli in varie lettere al celebre Giovanni Cristoforo Sturmio nato a Ipolsteina nel Palatinato di Neoburg l'anno 1635. come apparisce dalla seconda parte del Collegio curioso stampato da esso a Norimberga nel 1676., e dagli atti di Lipsia del 1686. Quindi i corpi gravi non andrebbero mai per una linea perpendicolare alla superficie terrestre, come tutt'ora vediamo. III. il moto rapido di questa materia celeste, che in 24 ore porta la terra intorno il suo asse, non potrebbe fare di meno di non comunicarsi in parte a' corpi; onde questi secondo le leggi meccaniche, non solo discenderebbero per una linea obliqua alla superficie terrestre, ma di più questa farebbe una linea curva; il che è di nuovo contro l'esperienza. IV. Non può in tale ipotesi spiegarsi come la gravità decresca in ragione del quadrato inverso della distanza, come porta la terza legge §. 538. V. è affatto inconcepibile come la materia celeste coll'ecceffo del suo moto sopra quello di rotazione, che nello spazio di 24 ore fa la terra intorno il suo asse, possa acquistare questo sforzo centrifugo per ogni verso dal centro della terra, o secondo la direzione de' meridiani terrestri. O questo moto confonderebbe quello regolare del vortice intorno l'asse terrestre, o che resterebbe da esso distrutto. Di più come riflette l'autore delle Novelle della Repubblica delle Lettere nel mese di Dicembre 1685. se questo sforzo centrifugo, che è grandissimo nella materia sottile sussistesse, in brieve resterebbe di-

strutto il vortice della terra, e si dissiperebbe. Inoltre come osservò il Nolet Lezioni di Fisica esperim. tom. 2. Lezione 5. facendo girare un globo pieno d'acqua intorno il suo asse, e in esso avendoci posto olio di trementina colorito, che è più leggiero dell'acqua, una palla di cera, quindi una d'aria, e dipoi un'altra di cera un poco più pesante, sempre vide, che questi corpi andavano all'asse, e non al centro del globo, e lungheffo si disponevano. Ma siccome il Bulfingero nella dissertazione inferita nelle Memorie dell'Accad. Reale 1728 suppone, che fingendo nel vortice terrestre due moti, uno, che ha per asse un diametro dell'Equatore, e l'altro l'asse della terra, si possa render ragione della gravità; dispose il Nolet un globo in maniera tale che nel tempo stesso girava intorno due assi, per vedere se l'acqua di dentro riceveva questo doppio moto, e quello per ogni verso dal centro del globo. Ma per quanta industria usasse, non potè mai far acquistare all'acqua un simile moto, quantunque fosse racchiusa nel globo, e sempre i corpi leggieri andarono all'uno degli assi, e non mai al centro. Dunque le ipotesi immaginate da' Cartesiani non sussistono punto co' fatti, e questa pruova tentata dal Nolet è decisiva per distruggere qualunque ipotesi si potesse immaginare. Vedi sopra ciò ancora le Mem. dell'Accad. Reale 1741.

591. Molte cose sono state replicate a queste difficoltà da' Cartesiani; e quanto al primo dubbio il P. Mallebranche nella ricerca della verità tom. 4. rischiaramenti, ove pruova la supposizione, che la materia sottile cc. carte 464. ediz. 1736. di Parigi, fa una nuova supposizione per potere spiegare i fenomeni terrestri, per mezzo de' vortici. Suppone, che la materia celeste sia non un composto di globetti, e di materia sottile; ma un aggregato di minimi vorticetti tanto piccoli, che molti milioni d'essi appena formino la lunghezza d'una linea. Questi formano la materia del vortice terrestre, e vanno in giro intorno alla terra con un'incredibile velocità; hanno tutti insieme una forza di slontanarsi dall'asse del vortice, che è uguale al quadrato della loro velocità diviso dal diametro del cerchio, che descrivono. Nel tempo stesso sono tra loro contrabilanciati perpetuamente, avendo ciascheduno uno sforzo centrifugo comune al vortice, e uno sforzo centrifugo particolare, e proprio di slontanarsi dal piccolo asse interno al quale si gira. Da questa supposizione ne nasce, che dobbiamo concepire questi vortici come tante piccole molle, dotati d'una forza elastica, o espanfiva per ogni verso. Ora essendo questi minimi

VOR-

vortici eterei in un perfettissimo equilibrio, e premendosi vicendevolmente da per tutto, se dentro questi si metta un corpo, le di cui parti per conseguenza non hanno alcuna forza centrifuga, ed espansiva particolare, deve interrompere l'equilibrio de' minimi vortici della materia celeste; onde il volume de' vorticetti escluso dal corpo è uguale ad esso, essendo massimamente mobile, e movendosi per ogni luogo, scorrerà da per tutto intorno, e sopra il corpo, spingendolo colla sua forza centrifuga in giù, come vediamo che fa l'acqua ad un sasso, che è più pesante di essa; con questa sola differenza, che il sasso qui scende per lo suo peso, e nell'aria scende per la forza centrifuga, o pressione de' minimi vorticetti. Questa quantunque ingegnosa spiegazione in primo luogo è più difficile a concepirsi della gravità stessa, e avendo Mallebranche moltiplicato in infinito il numero de' vortici, ha ancora in infinito accresciute le difficoltà contro d'essi; e perciò ha reso impossibile di propria natura l'ipotesi. In secondo luogo non evita con questo il secondo, e terzo dubbio; dovendo questa materia comunicare al corpo anche lo sforzo di scostarsi dall'asse terrestre, e il moto per una linea curva. In terzo luogo con qualunque ipotesi de' vortici non si spiegano le leggi di gravità, e quelle colle quali si muovono i corpi celesti, come vedremo in Astronomia. In quarto luogo questi vorticetti sono il Proteo de' Cartesiani, che fa diverse figure, e diverse contrarj effetti, quantunque s'applichi nella stessa maniera a' corpi, producendo la pressione verso la terra, o la gravità; la pressione d'una parte verso l'altra, o la durezza; l'espansione d'alcuni corpi, o l'elaterio, come vedremo parlando delle qualità corporee. Poco diversa è la spiegazione, che dà Giacomo Bernoulli nella sua dissertazione *De Gravitate Aetheris* inserita negli atti di Lipsia del 1683. da quella di Mallebranche, quantunque a lui non fosse ancora giunto il libro Della ricerca della verità, dove è la spiegazione di questa gravità corporea.

592. Quanto al secondo dubbio Dionisio Papino negli atti di Lipsia del 1689. *De Gravitatis Causa* osserva, che secondo alcune sperienze fatte da Ugenio, questo sforzo centrifugo della materia sottile è rapidissimo, e di molto maggiore di quello, che ha il vortice intorno all'asse terrestre, quindi non deve questo essere sensibile ne' corpi, ma bensì il primo, perchè secondo il suo computo questo sforzo, che produce la gravità, farebbe descrivere alla terra intorno il suo asse 24000 giri, in 24 ore; quando il moto ordinario del vortice non

glie

glie ne fa eseguire, che uno nel tempo stesso, onde sarà questo sforzo 24000 volte maggiore del secondo. Ma primieramente qualunque sia la velocità d'esso, è certo per la dottrina del moto composto §. 421. 440. che il grave o dovrebbe muoversi per una linea retta obliqua alla superficie terrestre, o per una curva, contro la sferienza. In secondo luogo non si toglie concio il 5 dubbio, e specialmente quello di Bayle, quantunque Papino per iscioglierlo ricorra a una congruenza, che c'è tra le parti del vortice terrestre, e incongruenza con quelle de' vortici vicini a quello della terra. Perchè questa incongruenza non ci può essere di motivo, che il primo, e secondo elemento è tutto della stessa specie; e poi la rapidità del moto supera ogni incongruenza; come osserviamo, che l'acqua, e l'olio, per servirmi dello stesso paragone, che Papino porta a suo favore, non si mischiano, quando il loro moto è piccolo, ma si confondono insieme, se vengono agitati violentemente. Vedi sopra ciò il Leibniz negli atti di Lipsia 1690. *De Causa Gravitatis*.

593. Nè vale a favore del secondo dubbio ricorrere alla sferienza d'Ugenio, perchè esso stesso confessa, che le particelle di cera di Spagna andarono al centro del vaso per linee curve, come abbiamo esposto nel terzo dubbio; il che tanto più conferma, che dovrebbe ad ogni corpo comunicarsi il moto del vortice intorno all'asse terrestre, e lo sforzo, che questo produce di slontanarsi dall'asse per linee ad esso perpendicolari; movendosi le parti del vortice per circoli paralleli all'equatore terrestre.

594. Molto meno serve per lo secondo dubbio la risposta di Claudio Perrault nato a Parigi nel 1613. ne' suoi Saggi di Fisica stampati in 4 volumi nel 1680. 1688. a Parigi, vol. I. dove suppone, che la materia celeste si muova con maggiore celerità, quanto più è lontana dal centro della terra, e dall'equatore terrestre, che è quel circolo, il quale divide la terra in due emisferj, e sta in mezzo a' due poli di essa. Dal che seguirebbe, che quantunque il vortice spingesse i corpi per linee perpendicolari all'asse, non alla superficie della terra, ciò non ostante per la celerità maggiore della materia vorticosa verso i poli, farebbero i gravi nello scendere rimossi a poco a poco da quelle, e diretti per linee tendenti al centro della terra, e perciò perpendicolari alla sua superficie. Imperocchè essendo rimossi a poco a poco descriverebbero §. 440. una curva, e non

una

una retta. In secondo luogo questa diversa velocità nelle parti, che sono nella stessa superficie d'un vortice, acciocchè questo cammini regolarmente, devono contemperarsi insieme, e ciascuna superficie del vortice ha da muoversi con una velocità mezzana tra la massima, e la minima; altrimenti sarebbe disturbato questo nel moto suo continuamente; e perciò in vece d'essere una causa regolare de' fenomeni naturali, sarebbe una causa incerta e incostante.

595. Per sciogliere i precedenti dubbj, e salvare le leggi, con cui opera la gravità ne' corpi, molte celebri dissertazioni furono fatte da varj Autori. Tra queste è singolare quella di Giovanni Bernoulli, per la quale nel 1730. riportò il premio dall'Accademia Reale di Francia, il di cui titolo è *Nuovi Pensieri intorno al Sistema di Cartesio*. Due dissertazioni epistolari inserite nel tomo 11. e 14. della Biblioteca Italiana, che si stampava in Ginevra, all'anno 1731. 1732. Artic. 1, 5. La dissertazione di Mulier nelle Memorie dell'Accademia Reale di Parigi al 1735.; e l'Astronomia Fisica del Gamaches Parigi 1740. Lungo sarebbe l'espore tutte le leggi, colle quali fingono muoversi il vortice terrestre, per salvare le leggi di gravità, e i dubbj di sopra esposti; le quali sebbene tutte loro accordassimo, ciò non ostante non arrivano a sciorre le difficoltà, e spiegare i dubbj; come ingenuamente confessano gli autori delle dissertazioni citate nella Biblioteca, e Gamaches nell'Astronomia. Dalle cose finora notate, e specialmente dall'esperienze fatte dal Nolet nella 5. lezione tom. 2. come abbiamo riferito al §. 590., si può prendere un metodo facile per esaminare le dirò così infinite supposizioni fatte da' Cartesiani per rifarcire l'immaginario sistema de' vortici, del quale molte altre cose soggiugneremo in Astronomia, non essendo questo il luogo di trattarne interamente, e prima d'essa parlando ancora della durezza, ed elasticità de' corpi, dove sempre più apparirà la sua insuffistenza. Questa però abbastanza si rende chiara da per se stessa; avendo finora un tal sistema avuto bisogno di molti appoggi, e ciò non ostante, questi ancora non sono stati sufficienti di stabilirlo perfettamente.

596. La stessa de' Cartesiani è la spiegazione, che dà Nicola Hartsoecker nato a Gouda in Olanda l'anno 1656. nel Corso di Fisica stampato all'Aja 1730. lib. 1. cap. 3. articolo 3. e seguenti. Un'altra spiegazione dà il Varignon nell'Istoria de'Savj dicendo, che un corpo grave intanto scende verso terra, in quanto che la colonna d'aria,

d'aria, che gli sovrasta insieme col corpo premendo più delle altre colonne laterali, obbliga il corpo a scendere. Ma se questa maggiore pressione la fa nascere dalla forza centrifuga dell'aria, questa opinione di Varignon si confà con quella de'Cartesiani già rifiutata; se dipende dal peso relativo della colonna d'aria, nella quale è il corpo, allora suppone già il peso, o la pressione naturale in esso loro; e perciò fa una petizione di principio.

597. Newton nella questione 21. lib. 3. dell'Ottica cerca, se forse si potesse spiegare la gravità supponendo un fluido etereo, le di cui parti siano più sottili di quelle dell'aria, e del lume, e che vicino alla terra sia più raro di quello, che più lontano da essa; di modo che più si slontana, più ancora cresce in densità, ed è dotato d'un elasticità considerabile, o d'uno sforzo per dilatarsi d'ogni intorno. Quindi nasce da questo sforzo, che un corpo posto nell'aria è spinto con una forza proporzionale alla massa, dove è meno raro il fluido; e perciò verso il centro della terra; e in questa maniera è grave. Quantunque una tale spiegazione abbia più fondamento in natura de'vortici, e della materia sottile Cartesiana, perchè osserviamo da'corpi elettrici strofinati uscire una materia sottilissima, e al sommo elastica; ciò non ostante non passa i limiti del probabile, e perciò l'ha posta il Newton nel numero delle questioni da esaminarsi; forse per appagare la curiosità d'alcuni Filosofi, che sollecitamente gli dimandavano una competente spiegazione della gravità de'corpi. Per altro intorno a questo fluido etereo chiaramente s'esprime nell'annotazione generale in fine de'principj matematici della Filosofia. Prima parlando della gravità così dice. *Oritur utique hæc vis a causa aliqua, quæ penetrat, ad usque centra Solis, & Planetarum sine virtutis diminutione; quæque agit non pro quantitate superficierum particularum, in quas agit, (ut solent causa mechanica) sed pro quantitate materie solida; & cujus actio in immensas distantias undique extenditur, decrescendo semper in duplicata ratione distantiarum.* Dal che apparisce, che se vogliamo ammettere una causa della gravità, è necessario, che questa non operi per impulso, come sogliono le cause tutte de' fenomeni, ma operi secondo la massa, e perciò sia interna alla medesima. Soggiunge però, che egli non vuole fare alcuna ipotesi, ma discorrere della natura conformemente alle sperienze, bastandogli solo d'aver dimostrato, che la gravità sia una causa reale, e non finta; e che operi secondo le leggi già dimostrate. Finalmente conchiude

chiude. *Addicere jam liceret nonnulla de spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente, & in isdem latente, cujus vi, & actionibus particulae corporum ad minimas distantias se mutuo attrahunt, & contiguae factae cohaerent &c. Sed haec paucis exponi non possunt; neque adest sufficiens copia experimentorum, quibus leges actionum huius spiritus accurate determinari, & monstrari debent.*

598. Da questo che ora abbiamo esposto apparisce, che il Newton vedendo le difficoltà considerabili, che ci sono a spiegare la gravità per impulso, s'è contentato per quelli, che vogliono costantemente asserire la gravità come un effetto, d'accennare un'ipotesi più ragionevole, e conforme alle sperienze, come è quella dell'atmosfera, o d'un mezzo elastico; esso però ha presa la gravità come un effetto costante in natura, senza prendersi la pena di spiegarlo, il che non si farebbe, che con molta fatica, e poco frutto della scienza naturale. Molti altri Newtoniani però hanno francamente asserito darli in natura due principj non meccanici, uno de' quali è la gravità, colla quale non solo ogni corpo tende verso la terra, ma inoltre ciascuna parte di materia verso l'altra, detto perciò *Attrazione*; e l'altro, col quale alcune parti di materia in certe circostanze si respingono secondo alcune leggi determinate; detto perciò *Repulsione*.

599. Contro questi detti *non rigidi Newtoniani* si scagliano quei, che sieguono il Cartesio, e inoltre alcuni sperimentali come l'Abb. Nolet nell'ottava lezione art. 2. condannando questa sorta di Fisici, perchè si servano di principj affatto ignoti, e lontani dalla comune maniera di pensare; perchè tornano ad introdurre nella Fisica *le qualità occulte*, che ammettevano i Peripatetici, spiegando in questa forma con puri nomi gli effetti della natura; cioè per mezzo di *virtù elementari, di Simpatia, Antipatia, Antiperistasi ec.* Di più osservano, che questa forza attraente è un Proteo più della materia sottile, comparando in iscena sotto facce diverse, e contrarie nella spiegazione de' fenomeni; e inoltre è ugualmente ipotesi, che i vortici Cartesiani.

600. Non vedo però con qual fondamento questi Autori inveiscano tanto contro questi Seminewtoniani, quando essi ancora sono della stessa, anzi di condizione assai deteriore. Non c'è sistema di filosofia, in cui non si debbano ammettere alcuni *principj immeccanici*, come altrove notammo §. 258. Nè questo è un introdurre di nuovo l'antico metodo delle Scuole. I Peripatetici dovendo render ragione

di ciascun effetto naturale contro il sentimento del loro maëstro Aristotele, fingevano una virtù particolare in quel corpo, che lo produceva; onde quanti erano gli effetti diversi, tante erano le cause incognite diverse, che ammettevano; e dir questo, è lo stesso, che dir niente. Non così però fanno i Newtoniani di secondo ordine; stabiliscono con esperienze quei primi immeccanici principj, che sono pochi di numero, e dipendenti dalla libera volontà del Creatore; e posti questi scendono alla spiegazione degli altri fenomeni della natura. Perciò non si partono dal modo comune tenuto da tutt' i Filosofi d'ogni tempo, nè ammettono ipotesi, ma principj dimostrati quelli, che asseriscono la gravità verso terra, e delle parti della materia come un principio immeccanico. I Cartesiani collo spiegarla fanno un passo più in là de' principj immeccanici; ma poi anch' essi devono a questi ridursi. Dicono i Newtoniani, che il principio del moto, la causa attiva, che anima tutt' i corpi a produrre gli effetti, è la gravità, posta la quale come base fondamentale, spiegano in appresso meccanicamente i fenomeni naturali, conforme vedremo in tutto il decorso della Fisica. I Cartesiani all' incontro si sforzano di rendere ragione meccanica della gravità per l' impulso della materia vorticosà. Ma dimandate loro, perchè si muove perennemente questa materia; altro non vi rispondono, che per lo moto dato da Dio alle prime particelle della materia. Ma questo moto, che cosa è; soggiungono i Cartesiani, che è una cosa, o modificazione da Dio creata nella materia, o l' effetto della Divina volontà; in una parola è un principio immeccanico. E in fatti in che sistema di filosofia si truova la spiegazione meccanica del moto? ognuno lo suppone, e non lo spiega. Eccoci dunque ad un principio immeccanico; nè ci è altra differenza tra un Cartesiano, e un Newtoniano non rigido, che il primo ammette un moto, col quale ogni particella di materia si rivoltò da principio intorno a se stessa, che presentemente si conserva ancora nella stessa quantità, non avendo mutato altro che la direzione, essendo cioè diventato circolare. Il Newtoniano per lo contrario ammette un moto, che Iddio sempre conserva nella materia, col quale ogni parte di materia tende verso un' altra, con alcune leggi determinate.

601. Non essendoci adunque altra ragione, per la quale la gravità, e attrazione debbano spiegarfi meccanicamente, che l' uso inveterato delle Scuole di cercarne la causa; dall' altra parte essendo questa

questa spiegazione soggetta ad infinito difficoltà; anzi non sussistendo secondo le leggi d'una materia impellente, come abbiamo veduto, e più diffusamente ancora parlando dell'attrazione osserveremo; non mi pare irragionevole l'opinione di quelli, che ammettono la *Forza attraente come un Principio immeccanico*. Ma che che sia, poco a noi importa la natura delle cose; nè basterà dimostrare, che realmente ci sia la gravità, e l'attrazione in ogni parte, della materia; quantunque amendue dipendessero da qualche altro principio immeccanico, come è il moto comunicato alla materia.

## C A P O XIII.

*Misure de' Pesi diversi.*

602. **F**inora abbiamo parlato della gravità, o forza, che spinge i corpi verso la terra; ora qualche cosa dobbiamo dire dell'effetto da essa prodotto in una data quantità di materia, comunemente chiamato *Peso* de' corpi. Questo si determina paragonando un corpo coll'altro per mezzo della bilancia, o di qualch'altro strumento meccanico; onde poi veniamo in chiaro se un corpo pesi ugualmente il doppio, o il triplo d'un altro. Quindi dall'uso comune sono stati stabiliti alcuni corpi particolari detti *Misure de' Pesi*, per mezzo de' quali s'esplora la relazione, che passa tra'l peso di più corpi, che insieme si paragonano. Ciò non ostante con essi non convien credere di misurare esattamente il peso de' corpi; perchè ogni misura di esso si fa nell'aria, la quale come fluido, secondo le leggi idrostatiche scema il peso de' medesimi, e ciò in proporzione del volume, che hanno; il che si dice *Peso relativo*. In pratica però questo divario non essendo molto considerabile, esporremo perciò le misure diverse de' Pesi, delle quali si servono le Nazioni più colte, e che si truovano spesso citate nelle sperienze fisiche, e nella storia naturale. Ma siccome abbiamo ridotte le misure dell'estensione a quelle di Parigi, così ancora faremo di quelle de' Pesi essendo la nazione Francese molto benemerita della Fisica.

603. La *Libbra* in Parigi, e quella de' Mercadanti in quasi tutta la Francia è di 16 once; eccettuato quella di Linguadoca, Provenza, e Avignone, che è d'onze 13, e quella di Lione di 15; e la libbra Medica, che è di 12. La libbra si divide in due Marche

ciascuna d'once 8. L'*Oncia* si divide in 8. grossi, o dramme; il *Grosso* in 3 denari o scrupoli; il *Denaro* in 24 Grani. Onde l'oncia contiene grani 576, e la libbra 9216.

604. Oltre questa divisione, sogliono ancora in Francia divider l'*Oncia* in 20 sterlini, lo *Sterlino* in 2 oboli, l'*Obolo* in 2 Felini, il Felino è uguale a grani  $7\frac{1}{2}$ . Secondo questa divisione l'oncia contiene 80 felini, lo sterlino è grossi  $2\frac{1}{2}$ , l'obolo equivale a denari  $1\frac{1}{2}$ ; il felino a denari  $3\frac{1}{2}$ .

605. La libbra, di cui si servono i Medici in Parigi, e comunemente appresso tutte le nazioni si divide in once 12, l'oncia in dramme 8, la *dramma* in scrupoli 3, lo *scrupolo* in grani 20; onde l'oncia medica contiene grani 480; ma in Parigi il grano medico è uguale a grani civili  $1\frac{1}{7}$ ; perciò l'oncia medica ivi equivale alla civile.

606. Posta adunque l'oncia civile Parigina di 576 grani relativamente a questi abbiamo ricavata la seguente tavola delle once nell'altre nazioni da Bernard, e Einsenschmid.

Once.	Grani Parigini.	Once.	Grani Parigini.
D' Argentina	$554\frac{1}{8}$	Romana antica	520
Di Colonia	$550\frac{1}{4}$	Romana odierna, per	
Di Norimberga	$599\frac{1}{8}$	Gravio	534
Detta Medica	562	Secondo Auzout	533
D' Inghilterra, detta		Veneziana	$562\frac{1}{2}$
Trofica, o Trojana	$585\frac{1}{7}$	Napoletana	503
D' Inghilterra del Porto	534	Fiorentina, e Pisana	537
Di Spagna per le monete	$540\frac{1}{4}$	Senese	526
Gaditana	$540\frac{1}{7}$	Genovese	494
D' Olanda Trofica	579	Di Lione in Francia	$591\frac{1}{2}$

607. La libbra d' Argentina si divide in due mezze, o in quattro quarte, o in 8 mezze quarte, o in 32 mezz'once dette Lotoni. Il lotone si divide in 4 quarte, questa in 2, 4, 8, 16, o 32 parti. La libbra d' Argentina è uguale ad once 15 di Parigi, grossi 3, grani 14. L'oncia Medica d' Argentina è uguale a quella di Norimberga, da cui l'hanno presa, e questa alla Veneta, a cui la debbono.

608. La libbra di Colonia si divide in due mezze, dette Marche, questa in mezze once, o lotoni 16, il lotone in dramme 4, la dramma in 76 momenti. Sta a quella di Parigi come 2201 : 2304; a quella d' Argentina come 4402 : 4435; a quella di Norimberga come

4402 :

4402: 4797. Nella Zecca dividono la libbra in 2 Marche, questa in Anglici 19; Anglici 20 fanno un'oncia d'Olanda Trofìca. L'Anglico si divide in Grani, o Momenti 32; il Grano si divide in 2, o in 4 parti.

609. La libbra di Norimberga si divide in 32 lotoni ec. come quella d'Argentina; sta alla Parigina come 4797: 4608; a quella d'Argentina come 4797: 4435.

610. La libbra Inglese Trofìca per pesare le sete, le gemme, l'oro, e l'argento si divide in once 12. L'oncia in dramme 8. La dramma in scrupoli 3, lo scrupolo in grani 20. Quest'oncia sta alla Parigina come 480: 472 $\frac{1}{2}$ . La libbra Trofìca contiene once Italiane 13. La libbra de' pesi più grossi, o del porto è d'once 16; l'oncia, che equivale alla Romana odierna, contiene dramme 8; la dramma scrupoli 3. L'oncia sta alla Parigina come 12169: 13125.

611. La libbra di Spagna si divide in once 16; la marca, o il marco è once 8. L'oncia contiene 16 Adarami. Il quintale è 100 libbre, la sua quarta parte si chiama Aroba. Gli Orefici di Spagna dividono la marca d'oro in 50 Castellani. Questo in Tomini 8; il Tomino in grani 12; onde nel marco ci sono grani 4800. La marca d'argento è once 8, l'oncia si divide in 8 parti dette ottave; l'ottava in grani 75; onde nella marca sono grani 4800; l'oncia di Spagna sta a quella di Parigi come 136: 145. Di ott'onze d'oro formano doppie 68. La libbra Gaditana si divide come la Spagnuola.

612. La libbra Olandese Trofìca si divide in due marche; la marca eccede quella di Parigi di grani 24. L'oncia sta a quella di Colonia come 20: 19.

613. La libbra antica Romana si divideva in once 12. L'oncia in duelle 3, o sicilici 4, o sestule 6, o denari consulari 7, o denari imperiali 8, o scrupoli 24; onde la libbra era composta di scrupoli 288. La libbra antica Romana equivale ad once Parigine 10, grossi 6, grani 48; ovvero ad una marca di Colonia, e 6 mezz'onze, e due dramme, e momenti 54 $\frac{2}{11}$ .

614. Le altre libbre si dividono in once 12; tra queste la libbra medica di Venezia è d'once 12, l'oncia di dramme 8, la dramma di scrupoli 3, lo scrupolo di grani 20. Il Rotolo è in Napoli un peso equivalente a 33 once, in Malta a 30 once Napoletane.

615. Gli

615. Gli antichi Francesi dividevano la Marca in carati 24. Il Carato in 32 parti. Ora però del carato non si servono, che per dimostrare la purità dell'oro, col quale si fanno le monete, e per pesare le gemme. Per esempio i Francesi d'una marca d'oro formano Luigi d'oro  $36\frac{1}{7}$ . I ventiquattro carati, de' quali è composta la marca non sono tutti oro puro, ma solamente 22, gli altri due sono argento, o rame. Così ancora in Germania la marca d'oro è 24 carati, il carato 12 grani. Gli Ungari, che si formano da una marca contengono carati 23, grani 8 d'oro puro. La marca d'oro, della quale si fanno le monete d'oro al Reno contiene carati 18 grani 6. Il carato lo dividono gli Spagnuoli in grani 24. La marca d'argento si divide in denari 12, il denaro in grani 24. La marca d'argento, della quale si formano Luigi  $8\frac{11}{16}$  contiene denari 11 di puro argento, salvo il rimedio. Il *Rimedio* è una mancanza alla legge stabilita da' Magistrati, ma non condannabile; essendo impossibile in pratica conservare lo stesso peso, e mistura nel formare le monete d'oro e d'argento. Quindi senza trasgredire la legge, battendo Luigi d'oro, s'adoperano per la mistura solamente carati  $21\frac{1}{2}$  d'oro puro, in vece di 22; onde il rimedio in questi è  $\frac{1}{2}$ . Il Rimedio per gli Luigi d'argento è due grani. Il Rimedio nel peso per gli Luigi d'oro è grani  $14\frac{1}{7}$ ; per quelli d'argento grani 43, che si devono levare da ciascuna marca.

616. Le gemme, e i diamanti si pesano con i carati, il carato per questi si divide in grani 4, che sono uguali a' grani Parigini  $3\frac{2}{7}$ . Tra li diamanti più celebri è quello del Gran Duca di Toscana, che pesa carati  $139\frac{1}{2}$ ; e quello dell'Imperatore del Gran Mogol, che pesa carati  $279\frac{1}{16}$ , o grani Parigini  $1077\frac{1}{2}$ .

617. Per avere un'idea generale della proporzione, che passa tra'l peso de' corpi più usuali giudico necessario esporre una Tavola cavata dall'Architettura Francese di Lodovico Savot ristampata a Parigi nel 1685. Nacque quest'Autore a *Saulieu* nella Borgogna al 1579. In questa si paragona un piede cubico Parigino §. 147. di ciascuna materia, e si determina in libbre di Parigi il peso che ha.

Tavola ove si determina il peso di un piede cubico di ciascuna materia.

Piedi cubici Parigini.	Libbre Parigine.	Piedi cubici Parigini.	Libbre Parigine.
D'Acqua dolce	72	Di Pietra comune	140
D'Acqua di mare	$73\frac{5}{7}$	Di Marmo	252
Di Stagno	576	Di Pietra cotta	130
Di Rame	648	Di Tegole	127
D'Argento	744	Di Ardofia	156
Di Piombo	828	Di Sale	$110\frac{2}{7}$
D'Argento vivo	$977\frac{1}{7}$	Di Mele	$104\frac{2}{5}$
D'Oro	1368	Di Vino	$70\frac{1}{7}$
Di Terra	$95\frac{1}{5}$	Di Olio	$66\frac{1}{8}$
Di Sabbia di Terra	120	Di Cera	$68\frac{8}{11}$
Di Sabbia di Fiume	132	Di Legno d'alno	$37\frac{7}{12}$
Di Calce	59	Di Legno di quercia	60
Di Calce con arena	120	Di D'un fessiero di bia-	
Di Gesso	86	da	55

C A P O X I V.

Gravità universale, o Attrazione.

618. **N**EL capo 12. abbiamo parlato della gravità, che si truova nelle parti della materia verso la terra; ora dobbiamo dimostrare, che tra tutte le parti della materia vi è una gravità vicendevoles, la quale perciò chiamiamo Attrazione, per distinguerla dalla prima. Con tal nome non pretendo stabilire altro, che un effetto, il quale si dimostra evidentemente tra le parti della materia, quando si detrae un considerabile impedimento, per cui spesso non si può osservare. Non v'ha dubbio, che se attentamente si considereranno i fenomeni naturali, ognuno converrà, che questa attrazione non dipende da alcun impulso di materia sottilissima, ma è anzi la prima causa motrice, dalla quale nasce l'impulso, e le altre secondarie cagioni de' fenomeni. Ciò non ostante ficcome giudico, che tale discussione possa essere di poco utile all'avanzamento della Fisica, quando questa forza attraente universale sia dimostrata; e di più pare, che i Filosofi mal volentieri s'adattino ad ammettere una causa, che opera senza spingere i corpi; non perchè sia contro la Metafisica, e gli assiomi di essa, i quali devono ricavarfi dalle osservazioni fisiche, non dal pen-

pensare degli uomini ; ma perchè ognuno ha genio di aver libero campo d'inventare nuove spiegazioni, per esercitare il suo ingegno ; così lasciando andare questa discussione, mi ristringerò solamente ad asserire, che l'attrazione non dipende certamente finora da cause a noi note meccaniche, quantunque si potesse spiegare meccanicamente.

619. Questa forza non è stata così ovvia come l'altre in natura per cagione della gravità terrestre, dalla quale sono con una somma velocità portate tutte le parti della materia verso terra ; essendo la massa di questa quasi infinita rispetto alla massa de' corpi terrestri, che cadono verso d'essa ; e perciò §. 351. la velocità de' corpi gravi sarà quasi infinita rispetto a quella della terra §. 274. Quindi le masse de' corpi considerate tra loro avendo una ragione finita, ancora la velocità, colla quale si vengono incontro per l'attrazione sarà finita ; e perciò rispetto a quella celerità, colla quale scendono verso la terra sarà infinitesima. Onde questa attrazione si renderà sensibile tra i corpi in due soli casi. Primo quando si diminuisce in infinito la loro distanza, e perciò s'accresce sensibilmente la forza attraente, che hanno. Secondo se resti impedita la forza gravitante ; o qualche altra causa, che spinge i corpi, allora s'osservano più da vicino le operazioni semplici della natura ; e la strada, ch'essa tiene per passare da' moti insensibili a' sensibili. Resta ora, che dalle esperienze dimostriamo questa reciproca azione attraente delle parti della materia.

620. *Esperienze.* Il primo argomento lo ricaviamo dalla soluzione de' Metalli ne' loro Mestruj convenienti. Sopra un'oncia d'argento puro ridotto in granelli, e posto in un alto vaso di vetro, si pongano 2 once di spirito cavato colla storta dal sale nitro prima calcinato, e mischiato con qualche bolo. Poco dopo si scioglierà tutto l'argento, e svanirà, comparendo il liquore trasparente. Scuotetelo, e agitatelo col fuoco, non si depona l'argento al fondo del vaso. Sopra questo liquore versate venti volte più d'acqua ; quindi applicato un microscopio a' lati del vaso leggermente in esso ponete lastre sottili di rame pulito ; vedrete le piccole parti dell'argento unite con quelle del nitro correre da per tutto rapidamente a queste lastre, e quivi separarsi, e restare quelle dell'argento sopra la superficie, e formare sopra esse una lanugine bianca, che tolta, e asciugata, dà quasi l'oncia intera d'argento non mutato, ma ridotto in polvere sottilissima. Osserverete all'incontro le parti del nitro attaccarsi tenacemente alla superficie del rame, e staccarne le parti.

Quin-

Quindi il liquore diventa d'un verde ameno, e la lastra si vede corrosa nella superficie, e sensibilmente diminuita di peso. Se nell' argento vi era un poco d'oro, vedrete questo non sciolto cadere al fondo dello spirito di nitro come una polvere nera; se all'incontro nello spirito di nitro ci fosse qualche poco di sal gemma di mare, o ammoniaco non si scioglierà l'argento quantunque scaldiate, o comunque agitate lo spirito. Se nell'argento vi è mischiato rame, il liquore tirerà al color verde. Se nel liquore ove è sciolto l'argento s'infonde a goccia a goccia la lisciva di sal marino, cioè l'acqua calda, in cui sia sciolto questo sale, detta Miria da Chimici, si turba subito il liquore, e depone in fondo tutto l'argento ridotto in polvere. Prendete dello spirito cavato dal sal marino, o pure 4 parti di spirito di nitro, e una di sal di mare, e in questo liquor giallo un poco caldo ponete granelli d'oro, si scioglieranno perfettamente, e apparirà il liquore di color d'oro, nè questo si deporrà al fondo, se non si mette nel liquore un sale alcalino fisso, come quello che nasce da' corpi brugiati, o un sale volatile; allora cade al fondo del vaso tutto l'oro ridotto in polvere sottilissima. Se dentro l'oro eravi mischiato dell'argento; caderà questo al fondo del vaso non sciolto in forma d'una polvere nera. Queste sperienze sono del diligentissimo Ermanno Boerrave Olandese nella Parte 3 delle operazioni Chimiche, processo 180, 185, 205, tomo 2 degli Elementi Chimici ristampati a Venezia nel 1737.

621. Tre cose qui devono spiegarsi; I. la soluzione dell'argento, e dell'oro; II. come le parti di questi metalli restino sospese nel liquore; III. perchè lo spirito di nitro scioglie l'argento, e non l'oro, lo spirito di sal marino detto acqua regia scioglie l'oro, e non l'argento. Per ispiegare questi fenomeni ricorrono i Cartesiani all'impulso del fuoco, della materia sottile, e de' vorticetti; alla figura delle parti saline, che è acuminata, e a' pori de' metalli, che danno l'adito più ad alcune parti di sale, che ad altre, e così nasce la soluzione dell'argento nel nitro, e non nel sale marino.

622. Ma in primo luogo la soluzione non si può fare semplicemente per l'impulso, e figura acuminata de' sali; perchè se ciò fosse ponendo l'argento nell'acqua regia, o l'oro nello spirito di nitro, e agitandoli, dovrebbero sciogliersi, tanto più se s'accresce l'impulso con agitare il liquore per mezzo del fuoco. Ma l'esperienza dimostra il contrario; dunque oltre le due cause accennate, ci deve essere

qualche altra prima, e più principale, che attacchi tenacemente l'argento al nitro, e non al sale comune ec. So che alcuni in questo caso ricorrono a' pori dell'oro, che sono minurissimi; perchè questo è un metallo assai denso, e compatto, onde le parti del sal nitro non potendo entrarvi, non possono produrne la soluzione. Ma questo è contro le osservazioni; attesochè esponendo sotto un microscopio una lastra levigata d'oro, e d'argento, si vedranno i pori della prima molto minori di numero di que'della seconda, ma assai maggiori di mole; perciò se le punte nitrose entrano ne'pori dell'argento, potranno con più ragione entrare in quelli dell'oro. Le parti acuminatae de' sali aiutano anch'esse la soluzione, ma se non ci fosse tra queste e quelle de' metalli una forza d'associazione, non potrebbero agire. Ciò s'osserva nello stagno, e piombo, che posti dentro lo spirito di vetriuolo, che è un acido potentissimo in natura, non si sciolgono, se non ci si mette dell'acqua, e pure l'olio comune facilmente gli scioglie, quantunque non contenga parti acide. Così ancora la mirra schietta niuno ancora ha potuta sciogliere con qualunque acido; se prima non si prepara la vandola con lisciva d'un sale alcalino; e pure se lasceremo per varj giorni il bianco d'un uovo indurito dentro una grotta sotteranea, che si scioglierà da esso in un liquore dolcissimo, dentro di questo senz'alcuna preparazione si scioglierà la mirra perfettamente. Ma più di tutto questa forza d'associazione è posta sotto gli occhi dal microscopio, col quale come abbiam detto si vede manifestamente, che le parti di nitro, quantunque unite con quelle dell'argento, prontamente corrono alla lastra di rame per ogni verso; il che certo non può attribuirsi ad alcuna causa esteriore impellente, non alterandosi niente il fluido etereo col mettere semplicemente la lastra di rame dentro il liquore.

623. In secondo luogo come le parti dell'argento, e dell'oro, che sono più gravi del liquore, galleggiano prima di precipitare al fondo; se nuotano in esso perchè sono imprigionate tra le sue parti; dunque scuotendo il liquore si deporrebbero al fondo; ma ciò non accade. Di più col semplicemente porre l'olio di tartaro nella soluzione dell'oro, o le lastre di rame in quella dell'argento, vanno amendue questi metalli polverizzati al fondo del vaso: nascerà adunque il galleggiamento dall'essere le parti de' metalli unite a quelle de' sali; dal che nasce, che formano un volume di minor peso del liquore, come il piombo unito a un pezzo di sovero galleggia nell'acqua.

Que-

Questa appunto n'è la ragione; ma è necessario spiegare, perchè le parti metalliche stanno tenacemente attaccate a quelle de' sali, e ciò finchè non si pone nel fluido il rame, o l'olio alcalino, col quale resta improvvisamente distrutta l'adesione.

624. In terzo luogo perchè il sal nitro non può sciogliere l'oro, e il sal marino l'argento; qualunque ipotesi di vortici, d'impulso, di parti acuminate, e di pori si finga, la troverete non sufficiente a spiegarlo. Dunque bisogna conchiudere, che nelle parti della materia vi è una forza, colla quale sono spinte una verso dell'altra, e questa è il primo principio di tutt'i moti naturali. Tale forza però non l'esercitano tra loro tutte le parti nella stessa maniera; tra alcune è più forte, tra altre è più debole. Così il nitro fortemente all'argento s'attacca, appena all'oro; più gagliardemente al rame ec. Ciò si rende più manifesto colle seguenti:

625. *Esperienze.* Dopo aver precipitato l'argento col rame, se nel liquore si pone il ferro, cade al fondo il rame e si scioglie il ferro; si metta dopo il zinco, cade il ferro, e si scioglie il zinco; si pongano gli occhi di granci, questi si sciolgono, e si precipita il zinco. Quindi posto lo spirito d'urina, il nitro s'attacca a' suoi sali, e lascia quelli degli occhi di granci: infondete in appresso nel liquor un *alcali* fisso, a questo s'attacca il nitro, e lascia il sale urinoso, che essendo leggero galleggia.

626. Pretenderà qualcheduno, che per mezzo dell'attrazione non si renda ragione dello sciogliersi, che fanno i metalli; questa non facendo altro, che unire le parti. Ma deve riflettersi, che quando le parti del nitro vanno per questa forza ad unirsi con quelle dell'argento, agiscono secondo tutte le direzioni, onde le distruggono per ogni verso, e s'applicano alla superficie scabrosa d'esso in maniere diverse; così influisce alla soluzione la figura delle parti; l'agitazione poi delle parti del fuoco, o dello scuotimento perfeziona la soluzione. Quindi osserviamo, che ne' massimi freddi o non succede l'effetto, o è molto lento.

627. *Esperienze.* Sciogliete in una determinata quantità d'acqua varj sali successivamente, per esempio il vitriolo, il sal marino, il nitro, e il tartaro. Fate svaporare l'acqua al fuoco, finchè sopra la sua superficie comparisca un velo sottile, o pure, che è lo stesso, mettete in essa di ciascun sale tanta quantità, che finalmente porzione d'esso cada in fondo del vaso non isciolta. Ponete dentro l'acqua

pezzi puliti di legno dolce, e lasciatela per alquante ore in un freddo. Con qualunque ordine si sciogliono nell'acqua i predetti sali, e quale sia il loro numero; offerverete dopo qualche tempo a' labri del vaso, e a' pezzi di legno attaccarsi primo di tutti cristallizzato il sal di mare sotto la figura di piccoli dadi; secondo il sal nitro, in forma di piccole colonne di sei facce; terzo il vetriuolo colla figura di piccole linguette; ultimo di tutti si cristallizza il sal tartaro, le di cui parti sono colonnette per ogni verso terminate da sei piramidi effagone. Delle figure diverse de' sali si veda Francesco Redi tom. 2. dell' Opere del 1748. esper. intorno a' sali fattizj. I fluidi ancora nel congelarsi hanno una figura particolare; così le parti dell'acqua congelata artificialmente, e quelle della neve, sono come sottilissimi aghi; le parti dell'olio sono rotonde ec. In tutti questi fenomeni non ha luogo affatto l'impulso, il quale è interamente contrario alle cristallizzazioni; perchè per mezzo dell'agitazione, o del fuoco si confondono, e mischiano insieme i sali. Ma quando si leva ogni calore, cioè ogni causa impellente, e che si lascia operare da se la natura, allora si dimostra la forza attraente, che è quella, per mezzo della quale le parti de' sali prendono una figura determinata, e si cristallizzano separatamente senza confondersi; di modo che si vedranno alle volte le parti di sal nitro, di tartaro, di vetriuolo ec. una sopra l'altra, non però confuse tra loro, ma separate e distinte.

628. *Esperienze.* Si chiuda una camera di modo che non c'entri raggio di luce; quindi fatto un piccolo buco levigato, e tinto di nero alla finestra, passi per esso un sottil raggio di sole ab, de, gh; andrà questo a cadere in k, l, m. Sopra d'esso s'accosti la punta di metallo, o di vetro BCA ad una piccolissima distanza, per esempio se la punta è d'acciajo, ad  $\frac{1}{10}$  di pollice, vedrete immediatamente il raggio piegarfi in c, f, i; verso il corpo; di modo che la parte a b più vicina si spiegherà più che d e più lontana. Questa esperienza è del Newton nell' Ottica.

629. Alcuni attribuiscono questa inflessione di luce all'atmosfera, che sta intorno ad ogni corpo, e nasce dagli effluvj, che questi mandano fuori continuamente. Ma come si dimostra in Ottica, quando un raggio passa da un mezzo raro ad uno più denso, il raggio si spiega verso la perpendicolare calata dal punto dove entra il raggio nel mezzo denso; per lo contrario da un mezzo denso ad un raro si di-

Tav. 8.  
Fig. 6.

si discosta il raggio da questa perpendicolare. Se dunque l'inflexione di luce nascesse nel fenomeno proposto dall'atmosfera, se questa è più densa dell'aria ambiente, il raggio in  $b$ ,  $e$ ,  $h$  s'accosterebbe un poco al corpo, e poi uscendoci di nuovo all'aria, cioè in un mezzo più raro, si discosterebbe di nuovo, e tornando a camminare per linee parallele alle  $bk$ ,  $el$ ,  $hm$ , non si moverebbe per  $bc$ ,  $ef$ ,  $hi$  come fa realmente. Se l'atmosfera fosse meno densa dell'aria, si scosterebbe interamente dal corpo. Dunque si piega verso esso per una forza, colla quale ogni corpo tira a se la luce.

630. *Esperienze.* S'accosti qualunque corpo alla parte inferiore della fiamma d'una candella, questa scende verso il medesimo, e s'incurva, tanto più presto, con quanta maggior velocità s'accosta il corpo; lo che è interamente contrario alle leggi dell'impulso, il quale se fosse cagione di tal fenomeno, dovrebbe spingere la fiamma in là, e non verso il corpo. Se due fiamme s'accostano, prima di toccarsi, e confonderli s'incurvano vicendevolmente. Sotto la fiamma d'una candella, s'accosti due, o tre dita distante lo stuppino ancora fumante d'un'altra poco prima estinta; cosicchè il fumo arrivi alla fiamma; vedrete questa scendere contro la sua leggerezza per lo fumo, e accendere la candela di sotto. Molte altre sperienze in Ottica si dimostrano per provare l'attrazione della luce verso tutt'i corpi.

631. *Esperienze.* Tutt'i liquori, quando si versano adagio fuori d'un vaso, formano un filo di fluido, le di cui parti si vedono sensibilmente connesse; così ancora una goccia d'acqua posta sopra la punta d'un aco, prima di cadere da essa, si slunga. Una goccia d'acqua posta sopra una lastra di vetro, di metallo, o di pietra leggiermente è acciaccata, dove appoggia sopra il piano, ma sulle foglie delle piante, come la ruggiada, è perfettamente sferica. Una goccia d'argento vivo sopra la carta, quantunque questa abbia una superficie scabrosa, è perfettamente rotonda; ma sopra un vetro, o un metallo levigato è acciaccata, anzi se la lastra è di piombo pulito, si stende sopra la sua superficie, l'inargenta, e si perde; aggiungendo altre gocce di mercurio, penetrano queste il piombo, s'amalgamano con esso, e lo riducono come una pasta; lo stesso accade con una lastra d'oro. Due gocce d'acqua  $a$ ,  $c$  poste sopra due piani  $A$ ,  $B$  s'accostino adagio, prima di toccarsi le vedrete incurvare una verso l'altra, quindi toccarsi, e unirsi in una sola goccia  $adcb$ . Queste sperienze tutte succedono nella stessa maniera ancora nel voto.

Tav. 8.  
Fig. 7.

632. Se

632. Se la goccia d'acqua, o di Mercurio per lo proprio peso s'acciaccasse, dovrebbero esserlo sulle foglie, e sulla carta più che sulle lastre levigate, perchè in quelle come piene di buchi scenderebbono in essi colla propria fluidità, e peso; ma accade tutto l'opposto. Se la rotondità dipendesse dall'aria, che da per tutto comprime, sempre sarebbero le gocce rotonde, e nel voto si compianerebbero perfettamente. Dunque devono ripeterfi questi fenomeni dalla attrazione delle parti de' liquori tra loro, e più con un corpo, che con un altro. Anzi posta la compressione dell'aria, non si potrebbe spiegare come una goccia, che cadendo da alto, o essendo su un piano si comprime, e si fa divenir bislunga, tornasse di nuovo sferica, come vediamo accadere. Sia la goccia bislunga *abcd*, acciocchè per la compressione dell'aria diventi sferica, deve l'aria, che preme le due superficie laterali *b*, d aver più forza di quella, che preme le due *a*, *c*; ma questo è impossibile perchè le pressioni *b*, *d*, *a*, *c* sono come le superficie; ed essendo le superficie *b*, *d* minori delle superficie *a*, *c* dove la goccia è acciaccata, dovrebbero le pressioni minori superare le maggiori, il che è contro la ragione naturale, che una forza minore superi la maggiore. Ma se il tornare rotonda la goccia dipende dalla forza attraente delle sue parti, facilmente si vede, che nel diametro *bd* maggiore essendoci maggior numero di particelle, che si tirano, di quello, che nel diametro minore *ac*, l'attrazione sarà più forte in *bd*, che in *ac*; e perciò si muoverà la goccia finchè s'equilibrino le forze attraenti, il che non può accadere, che quando i diametri tutti sono uguali, cioè quando la goccia diviene sferica.

633. *Esperienze.* Sia una piccola goccia di Mercurio *E* posta sopra una lastra pulita *AB* di vetro, si rivolti questa diligentemente, come è espresso nella figura, la goccia scenderà per la lunghezza della lastra *EB*; ma se questa è un poco sporca, o ingrassata colla traspirazione della mano, cade immediatamente per la linea *ED*; così ancora accaderà, se la goccia sia troppo pesante. La goccia di Mercurio è tirata dal vetro §. 631., per la linea *EC*, quando questo è pulito; inoltre gravita per la linea *ED* verso terra; onde se questa gravità sia un poco trattenuta d'accelerare la goccia per la resistenza dell'aria §. 557., e perciò abbia l'attrazione una proporzione finita all'accelerazione, che riceve la goccia dalla gravità; mosse la stessa da due forze, che fanno angolo, *EC*, *ED* si muoverà per la

Tav. 8.  
Fig. 8.

Tav. 8.  
Fig. 9.

la diagonale, EF, §. 421., e perciò scorrerà per la lunghezza del cristallo, come fa realmente.

634. *Esperienze.* Siano due vasi CD, AC il primo non pieno, il secondo pieno d'acqua; nel vaso CD non pieno l'acqua sta alta intorno intorno e in mezzo è incavata, nel vaso AC l'acqua ha la figura convessa, essendo alta in mezzo, e bassa alla circonferenza. Nel vaso non pieno si ponga il globo pulito di vetro b, voto dentro, che galleggerà; l'acqua salirà intorno ad esso in c, d; e da se stesso andrà al labro del vaso, quantunque debba salire. Se lo stesso globo si metterà nel vaso pieno AC, va verso il mezzo in B, e perciò ancora in questo caso sale. Tutto al contrario espone questi fenomeni Hartsoeker nel corso di Fisica artic. 20. a quello, che noi abbiamo asserito collo's Gravesande nella Fisica; se si proverà l'esperienza, la troverete conforme a ciò che ora abbiamo detto. Se dentro l'uno, o l'altro vaso si pongano due di questi globi a non molta distanza tra loro, s'avvicineranno da per se stessi, finchè si toccano. Questo moto de' globi verso i labri del vaso, o uno verso l'altro si vede perfettamente, quando stanno fermi, nè l'aria è agitata; e nell'accostarsi s'osserverà, che il loro moto sul principio è lento, e successivamente va accrescendosi; sinchè nell'urto è velocissimo. S'unga uno di questi globi coll'olio, per esempio il globo a, l'acqua in c, d intorno ad esso farà una cavità stando lontana dal globo. Se questo globo a unto d'olio si ponga nel vaso CD vicino a'lati sfugge, e va nel mezzo, nè per qualunque industria si faccia per trattenerlo a'labri, ci resta; se si pone nel vaso pieno AC, scende verso il labro; tutto al contrario, che faceva quando non era unto. Quindi è nato, che l'Hartsoeker vide tutto al contrario; avrà forse toccato colle mani i globi prima di porli nel vaso, e perciò ingrassati colla traspirazione insensibile. Se nell'uno, o nell'altro vaso ponete due globi unti, si verranno incontro, se uno d'essi non è unto, ma pulito, si rifuggono.

635. Per rendere ragione di questi fenomeni, e d'altri, che riferisce l'Hartsoeker ricorre all'aria, che s'attacca tenacemente a'corpi, e perciò ancora a'globi; onde quando questi s'avvicinano, unendosi l'aria, anch'essi devono toccarsi. Resta però sempre a spiegare, quantunque i fenomeni da esso esposti fossero tutti veri, perchè l'aria s'attacchi a'corpi, e le sue parti facilmente si uniscano. Di più non si ponno spiegare i due primi fenomeni, qualunque ipotesi si faccia dell'

Tav. 8.  
Fig. 10.  
110

dell'aria; perchè in amendue s'osserva, che i globi salgono contro la naturale loro gravità.

636. Quindi è, che da tali effetti dobbiamo dedurre questa forza attraente delle parti de' corpi, come è sensibilissima con questi fenomeni. Posta adunque l'attrazione, non sarà difficile rendere ragione d'ogni minuta circostanza, che s'osserva ne' globi. Essendo l'acqua tirata dal vetro, da ciò nasce, che sta a' labri del vaso, e intorno il globo sollevata. Nel vaso pieno le parti dell'acqua per la loro coesione, non già per la pressione dell'aria, come pretende Hartsoecker restano sollevate nel mezzo in B. Tutta la gravità de' globi è sostenuta dall'acqua; onde è che la loro forza attraente si può render sensibile. Quando il globo b si pone in acqua, esclude una porzione di questa dal luogo, che occupa, la quale tentando di ricuperare il proprio luogo spinge tutto d'intorno il globo; meno però l'urta l'acqua d, che quella in c; perchè quivi è tirata dal lato del vaso; onde prevalendo la pressione della mole antagonista in c, deve il globo b portarsi verso d, cioè al labro del vaso, ed in moto accelerato per la forza attraente in d sensibile tra l'acqua, e il vaso. Per la stessa ragione dell'attrazione maggiore in B, che a' lati nel vaso pieno AC; nasce che il globo deve salire verso il mezzo. Il globo unto non attrae molto l'acqua; quindi è, che quella fossa, che fa il globo nell'acqua, quando in essa si pone, dovrà conservarsi; non essendo le parti dell'acqua tirate dal vetro, e per l'attrazione propria sostenendosi sollevate intorno al globo. I due globi unti quando sono vicini s'uniscono, perchè le due fosse, che lor sono d'intorno diventano una sola; onde per lo peso proprio in essa discendono. Per la stessa mancanza d'attrazione nasce, che il globo unto col proprio peso nel vaso CD scende in mezzo, e in AC verso i lati,

637. Da questa spiegazione, e dall'altre, che daremo di più fenomeni si può ricavare in primo luogo, che quella, che pare *forza repellente*, realmente non è tale, ma è un difetto d'attrazione. Onde non bene deduce lo's Gravesande da questi, e consimili fenomeni, che si dà oltre l'attraente, una forza repellente in natura; ma come osserva il Newton nella questione ottica 31, dove non può esercitarsi la forza attraente, o perchè le parti sono lontane, o per qualche impedimento, che vi è in mezzo, quivi comincia la forza repellente; come appunto nell'analisi dove cessano le quantità positive, quivi cominciano le negative. Si deduce in secondo luogo, che

che i Newtoniani nello spiegare i fenomeni non ricorrono al mero nome dell'attrazione; ma esaminano, supposta l'attrazione, se essa, e altre cause impellenti abbian luogo; quindi spiegano gli effetti naturali.

638. *Esperienze*. Si prendano due lastre di vetro pulite, e ben spianate BCDE, ACDF, e si pongano una sopra l'altra; in B Tav. 8. s'aprano un poco interponendoci un sottile cartone; acciocchè in BE Fig. 12. restino aperte, in CD si tocchino perfettamente; e appoggiate sul piede HI, per mezzo della vite G s'alzino un poco dalla parte CD, come si vede nella figura. Con una penna s'infonda verso B la goccia d'acqua, o d'olio, e meglio di tutti di spirito cavato dal nitro, o sal di mare; questo comincerà a salire tra le due lastre verso CD, accelerando sempre il suo moto; dimodochè arrivata vicino a CD si diffonderà per tutta la larghezza delle lastre. Se mentre sale s'alzino a poco a poco i piani in CD, la goccia finalmente si ferma, nè più ascende; allora alzandoli un poco più comincia la goccia a scendere verso BE. Questa esperienza, come l'altre della salita de' liquori tra due lastre di cristallo furono pria d'ogni altro fatte dall'Hauksbee membro della società reale di Londra, e descritte nella Sezione 5. dell'Esperienze Fisicomeccaniche tradotte a Firenze nel 1716. e ripetute dallo 's Gravesande nella Fisica, edal Musschenbroek nelle Differenzazioni fisicosperimentali, e geometriche stampate a Leyden nel 1729. Succedono ugualmente nel voto, che nell'aria libera.

639. Questi fenomeni non possono nascere dalla gravità, perchè la goccia contro la naturale tendenza sale, e accelera il moto suo. Non dall'aria, ch'essendo più sottile verso CD, ove son chiusi i piani, che verso BE, ove sono aperti, fa che in BE abbia più forza di spingere, che in CD; perchè succede ugualmente il fenomeno nel voto, ove non c'è per gli Cartesiani altro, che l'aria sottile. Resta perciò che nasca dalla forza attraente, che è tra il vetro e l'acqua, come chiaramente lo dimostra l'esperienza. Stando la goccia sopra il piano inclinato BCDE, parte della sua gravità è sostentata da questo; onde è, che quando resta nella goccia una gravità minore dell'attrazione, prevale questa, e sale la goccia di moto accelerato; perchè si restringe sempre più andando in alto la distanza de' piani. Quando s'alzano i piani verso CD, minor porzione sostentano di gravità nella goccia; onde avendo questa più gravità, finalmente alzando ancora i piani diventa uguale all'attrazione; e la goccia

essendo tanto tirata in su dall'attrazione, quanto in giù dal peso, si ferma. Allora se s'innalzano un poco più i piani prevale la gravità all'attrazione, perchè meno da questi sostenuta, e la goccia scende. Non c'è in Fisica più evidente dimostrazione della forza attraente di questa; ove si vedono le due forze d'attrazione, e gravità insieme paragonate.

Tav. 8.  
Fig. 13.

640. Ma acciocchè meccanicamente dimostriamo il falce della goccia, l'angolo ACB rappresenti l'apertura de' piani aperti in AB, chiusi in C. Se i piani fossero paralleli, come BC, FE, la goccia o posta in mezzo essendo tirata per le linee ob, oe ad essi perpendicolari, come dimostreremo nel capo appresso, non potrà muoversi, e così appunto accade; perchè le parallele servendosi d'una comune perpendicolare per la geometria, le due bo, oe formano una sola linea boe. Ma se i piani saranno inclinati come AC, BC; allora le due perpendicolari ad essi, che esprimono le forze attraenti oc, oe faranno angolo; onde la goccia di moto composto si moverà verso la diagonale oa, cioè salirà tra i piani; perchè la gravità, che la spinge per om è minore nel primo caso dell'attrazione.

Tav. 10.  
Fig. 2.

641. *Esperienze.* Dentro un vaso d'acqua colorita HL s'immergano adagio tubi sottili di vetro, o pure due lastre ABCE, ABID unite in AB, e un poco aperte in CEDI, si vedrà l'acqua spontaneamente salire in essi, e tra le lastre formare la linea curva IfgA; di modo che in A sarà altissima, dove le lastre si toccano, in g meno, in f meno di g, e in I bassissima dove le lastre sono più aperte. Questa stessa esperienza accade nello stesso modo nel voto. Quando i tubi di vetro sono più stretti, e simili a capelli di sottigliezza, e le lastre meno aperte, sale l'acqua più alto; e sempre in ragione inversa della loro apertura, come vedremo nell'esporre tali fenomeni nell'Idrostatica. Secondo la qualità diversa de' vetri, o del liquore sale anche a diverse altezze. I liquori provati dal Musschenbroek nella dissertazione degli specchi di vetro, che è nell'opera citata §. 638., sono l'acqua, il vino, lo spirito d'esso, e l'aceto; non dubita però, che anche con altri liquori sottili possa accadere lo stesso. Queste esperienze tutte dimostrano evidentemente questa forza d'attrazione tra le parti della materia.

642. *Esperienze.* Se nella esperienza del §. 638. 641. s'adopri una goccia di mercurio, o il vaso HL sia pieno di mercurio, farà questo contrarj effetti de' liquori; cioè la goccia tra due piani scenderà

derà sempre; ne' tubi di vetro immersi nel vaso HL, starà l'argento vivo più basso della superficie, che ha nel vaso; e tra le due lastre salirà più in I, che in B, onde formerà una curva rivoltata l'opposto di quello che è delineata, cioè in I farà alta, in B farà bassa.

643. Per render ragione di questi fenomeni nel mercurio, sia la goccia o tra li due piani AC, BC di argento vivo; per mezzo delle forze attraenti oc, oa deve muoversi per oa con una forza determinata. Ma siccome i piani vanno restringendosi verso C, così la goccia o per salire deve acciaccarsi; e perciò la forza attraente deve superare la coerenza, colla quale stanno insieme unite le parti dell'argento vivo, la quale è una forza attraente, che agisce in parte contraria dell'attrazione de' piani, ovvero per la linea om. Ma questa coerenza è maggiore dell'attrazione de' piani col mercurio; dunque la goccia andrà verso m, dove i piani sono aperti. Nella stessa maniera si spiega l'ascendimento del mercurio tra le due tavole di vetro della fig. 2 tav. 10.

Tav. 8.  
Fig. 13.

644. *Esperienze*. Francesco Friewald direttore dell'arti meccaniche nella Svezia spianò da una parte due globi di piombo, quindi li calcò un sopra dell'altro, un poco contorcendoli, acciocchè meglio si spianassero, e venissero a un contatto immediato. Osservò, che per separarli, alle volte era necessario attaccare al globodi sotto un peso di libbre 50, alle volte di 114, alle volte di 126; tanta era la forza di coerenza tra loro. La libbra, della quale si servì, era di 16 once. Considerò le stesse esperienze Teofilo Desagulier, come riferisce nelle *Trasazioni Anglicane* num. 389. La coerenza delle due palle, che ci vollero 126 libbre per separarle, non si mutò, come nota Friewald, quantunque fossero poste nel voto.

Tav. 13.  
Fig. 1.

645. *Esperienze*. Più accuratamente dimostrò lo stesso in corpi di materia diversa il Musschenbroek, come espone nella dissertazione, il di cui titolo è *Introductio ad Cohærentiam corporum firmorum*; che sta tra le altre già citate dissertazioni. Fece gettare due pezzi di vetro come ABC; il capo A avea pollici Renani  $2\frac{1}{7}$  di diametro, e d'altezza  $\frac{1}{7}$ ; il diametro BC era pollici  $1\frac{11}{12}$ , l'altezza  $\frac{1}{4}$ . La base BC era piana, e pulita. Chiuse ciascuno d'essi nella cassa di rame IDE, FGHl fermandola colla vite IE, onde il capo A restava dentro il coperchio IDE, e la base BC usciva fuori del buco HG. Amendue i pezzi di vetro già chiusi dentro le casse sono espressi nella fig. 2. colle stesse lettere. Il pezzo di sopra per mezzo dell'anello K stava sospeso

Tav. 13.  
Fig. 2.

ad una corda; all'anello K del pezzo di sotto si attaccavano varj pesi, per determinare la forza, colla quale restavano attaccati. Senza interporci niente s'attraevano con forza uguale o grano medical  $1\frac{1}{2}$ . Interponendoci dell'acqua, non si poterono staccare, che con un peso di 9 once. Coll'oli di rape restarono uniti con forza d'once  $8\frac{1}{2}$ . Avendoli scaldati, e passatoci sopra un poco di sevo, quindi compressi per escludere dalle basi BC il sevo superfluo, raffreddati sostentarono libbre 298. Interponendoci nel modo stesso della cera gialla sostentarono libbre 230. Interponendoci la pece comune, libbre 850. Adoperando due cilindri d'ottone ADC, BDC, il di cui diametro BC era pollici del Reno  $1\frac{1}{2}$ , l'altezza AB  $\frac{4}{11}$  s'attraevano da se soli con forza uguale a grani 2, interponendoci acqua, con forza uguale ad once 12; coll'olio di rape ad once 18; colla trementina Veneziana ad once 24; colla ragia, detta colofonia, s'unirono con forza uguale a libbre 850; adoperando la colla ordinaria con forza maggiore di libbre 90, adoperando il sevo con forza uguale a libbre 800; usando la cera con forza uguale a libbre 900; applicando la pece con forza maggiore di libbre 1400, non essendosi potuta precisamente determinare per essersi rottigli anelli. Adoperò inoltre i due cilindri C, D di marmo bianco, che avevano il diametro della base dita  $2\frac{1}{2}$ , coll'acqua non si separarono, che sospendendo dall'anello di sotto once 6; coll'olio once  $15\frac{1}{2}$ ; colla cera libbre 1250; col sevo libbre 900. Altri due cilindri, il diametro de' quali era dita  $2\frac{2}{3}$ , interponendoci il sevo s'unirono con forza uguale a libbre 1150. Due altri minori dello stesso marmo, che aveano per diametro  $\frac{11}{16}$  di dito, col sevo s'unirono con forza uguale a libbre 200. Due di marmo nero, che avevano di diametro dita  $2\frac{1}{2}$ , interponendoci il sevo s'unirono con forza uguale a libbre 900. Due altri d'avorio, il diametro de' quali era dita  $2\frac{2}{3}$ , col sevo sostennero libbre 200. Le due piccole lastre d'ottone a, c poste da una parte, e dall'altra servono per impedire, che i due cilindri non scorrano orizzontalmente.

646. Tutte queste esperienze dimostrano evidentemente la forza, che hanno di stare unite le parti della materia, quando sono ad immediato contatto; il che non potendosi ottenere con levigare perfettamente le parti de' corpi, perchè è impossibile formare due piani perfetti; e quantunque si potesse, ciò non ostante i pori, che sono in essi impedirebbero l'immediato contatto: perciò si servì l'autore di fluidi, e mezzi fluidi interposti. Ma siccome alcuni suppongono, che

Tav. 9.  
Fig. 5.

Tav. 13.  
Fig. 3.

che questa coesione possa derivare dalla forza elastica dell'aria esteriore, che tiene compressi i due cilindri, quando resta perfettamente esclusa l'aria dalle loro basi; perciò è necessario esaminare la medesima. Ottone Guerikio fu il primo, che nel 1656. dimostrò, come votando d'aria due mezze sfere di diametro  $\frac{1}{2}$  di braccio Magdeburgico, non potevano essere staccate, che dalla forza di 8 cavalli per parte, come riferisce nel suo Trattato *De Spatio Vacuo lib. 3. cap. 23.* La stessa esperienza fu confermata da molti altri, e specialmente dal Musschenbroek; i quali però hanno osservato, che sospendendo i due mezzi globi dentro una campana di vetro, e da questa votando l'aria, da per loro stessi si separano; il che dimostra evidentemente, che tutta la loro coesione nasce non dal contatto, perchè non si toccano questi mezzi globi, che nella loro circonferenza, ma dalla semplice pressione dell'aria. Tutto al contrario però accade nell'esperienze di sopra accennate; perchè come osserva il Musschenbroek, se questi cilindri si sospendono nella campana vota, restano ancora uniti quasi colla stessa forza. Di più la forza dell'aria è determinata, ed equivale ad una colonna d'argento vivo, la di cui altezza è uguale a 30 pollici del Reno, la base è uguale alla superficie del corpo, la cui pressione si vuol misurare, come si dimostrerà nella Fisica particolare. Ora computando la pressione dell'aria sopra una base, che ha per diametro pollici del Reno  $2\frac{1}{2}$ , si truova, che non uguaglia libbre 90 di Amsterdam. Ma abbiamo veduto, che i due cilindri d'ottone minori in diametro sostentarono colla pece libbre 1400; i due di marmo libbre 1250 colla cera; i due dell'oro veduto marmo col sevo libbre 1150; dunque la loro coerenza non può nascere dalla compressione dell'aria, quantunque non si nieghi, che v'influisca.

647. Alcuni per evitare quest'evidente dimostrazione ricorrono alla pressione della materia sottile, la quale resta sempre, qualunque voto si faccia, ma I. se ciò fosse i cilindri starebbero attaccati con più forza nella campana vota, perchè ivi non ci sarebbe, che la materia sottile, s'osserva però tutto il contrario; e di più se fuori della campana pende un tubo di vetro immerso nell'argento vivo, sale il mercurio nel tubo, spinto dalla pressione dell'aria esteriore, il che dimostra evidentemente, che se vi è aria sottile nella campana, non preme i corpi. II. inoltre l'aria sottile premerebbe solamente le parti solide de' corpi, perchè per gli pori di essi passa liberamente; quindi quanto più denso, o grave è un corpo, tanto più, posto sopra

un

un altro confimile spianato, resterebbe unito ad esso; ma la coerenza ne' cilindri di sopra non siegue questa ragione; anzi se il sevo, o la cera interposta sono in pochissima quantità, la coerenza è grandissima, se in maggiore, la coerenza è più piccola.

648. *Esperienze.* Stefano Hales nel suo libro intitolato la Statica de' vegetabili dimostra con replicate esperienze, che ogni pianta tira a se per ogni parte una determinata quantità d'aria, e d'acqua. Lo stesso autore nel libro poco fa stampato, il di cui titolo è Statica degli animali, dimostra ancora con evidenza la forza attraente, che vi è negli animali. Prima di lui molte cose aveva osservate Giacomo Keill ne' suoi *Tentamina Medico-Physica* nell'ultima disquisizione. Comparve questo libro a Leiden ristampato nel 1730. Dimostra, che il corpo umano per gli pori della pelle imbeve molta aria, e insieme con essa varie parti eterogenee, cosa già osservata, come egli nota da Cornelio Celso. Così ancora si vede, che l'olio strofinato alle piante de' piedi rende il fiato puzzolente; l'argento vivo, e le cantarelle, delle quali si fa pasta de' vessicanti s'insinuano nel sangue e per tutto il corpo, quantunque applicate ad una sola estremità di esso.

649. *Esperienza.* Che più? la stessa forza attraente, quantunque non possa facilmente osservarsi in que' corpi, che sono poco tra loro distanti, per motivo della celerità somma, colla quale scendono verso terra, che assorbisce la loro attrazione vicendevole, che si fa per ogni direzione, ciò non ostante è stata osservata evidentemente in alcuni luoghi particolari. Il Signor Bouguer uno degli Accademici ultimamente inviati all'Equatore, essendo vicino ad una grossa montagna detta Chimboraco, osservò, che il filo del pendolo, di cui si serviva, declinava un poco dalla linea perpendicolare alla terra, verso la stessa montagna; così riferisce Maupertuis nelle Opere diverse stampate a Amsterdam nel 1744. dove fa gli Elementi della Geografia.

650. Dalle osservazioni, ed esperienze fatte nel capo precedente, e in questo abbondantemente vien dimostrata la forza di gravità, che si truova tra tutt'i corpi di questo mondo, e le minime loro parti. Tutt'i corpi gravitano verso terra, la Luna anch'essa è grave; e quindi tutti gli altri pianeti devono esser gravi verso que' corpi, intorno a' quali girano, e inoltre uno verso l'altro. Ciò ancora ha confermato Flamsteedio con immediate osservazioni, dalle quali apparisce, che Giove pianeta maggiore di tutti, quando passa sotto Sa-

turno,

turno, lo smuove alquanto dalla sua orbita insieme con cinque Satelliti suoi, e vicendevolmente esso viene smosso. Se sopra la terra c'è qualche corpo, la di cui massa abbia una ragione sensibile a quella di tutta la terra, allora è stata osservata §. 649. sensibile l'attrazione di questo cogli altri corpi terrestri. In tutti gli altri casi non è tale, che diminuendo la gravità verso terra, o riducendo i corpi a quasi un immediato contatto.

## C A P O XV.

*Leggi dell'Attrazione Matematicamente.*

651. **N**ON è così facile opera il determinare le leggi, colle quali le parti della materia vicendevolmente s'attraggono, perchè è molto difficile l'osservare l'operazioni della natura, che si fanno colla semplice attrazione. La gravità verso terra, la forza elastica d'alcuni corpi, il fluido, in cui si fanno queste attrazioni, e molte altre cause disturbano le leggi generali, alle quali è soggetta. Noi sceglieremo solamente quelle leggi, che si ricavano dalle osservazioni, dove si sono slontanate più, che si è potuto le cagioni disturbanti l'attrazioni; ed esporremo inoltre quelle leggi, che conserva la forza attraente, quando viene perturbata. Alcune di queste leggi espone Giovanni Keill in una lettera a Guglielmo Cockburn, che sta dopo l'introduzione *Ad Veram Physicam, & Astronomiam* de Keill ristampata a Leiden nel 1739. Questa forza attraente tra le parti della materia aveva egli trovata da per se stesso, e comunicatala al Newton; ebbe in risposta, che anch'egli aveva osservata una simil forza nella materia, come di fatto apparisce dalle questioni inserite dopo la sua Ottica già citata. Alcune altre di queste leggi espone Giacomo Keill nel *Tentamen quarrum de Secretione Animalis*, e il Senac nel nuovo corso di Chimica secondo i principj di Newton, e di Stahl ristampato a Parigi in due tomi nel 1737. nella prima parte, dove parla del Magnetismo de' corpi.

## L E G G E I.

652. **L**A forza attraente, levate tutte le cause perturbanti, è proporzionale alla massa del corpo. Ciò apparisce da tutte l'espe-

l'esperienze fatte di sopra, dalle quali si osserva, che tutte le particelle s'attraggono; onde la forza intera d'un corpo nascerà dal numero delle parti, delle quali è composto.

653. Questa regola però patisce la sua eccezione in que' corpi, che sono molto porosi, ne' quali la distanza delle particelle, fa che l'attrazione sia disturbata dalle cagioni esteriori, e specialmente dalla gravità terrestre. Le particelle però de' soli essendo molto unite, e dense mostrano più evidentemente l'attrazione per la ragione medesima. Lo stesso ancora abbiamo osservato ne' piani di metallo, e di marmo, se con qualche materia si ferrano i loro pori. Quindi considerate tutte le cause disturbanti, ricaviamo la seguente

## L E G G E II.

Tav. 13.  
Fig. 4.

654. **S**E due particelle A, B si attraggano, essendo vicinissime, la forza attraente per esempio in B non si muterà, quantunque ad essa s'aggiungano molte altre parti C, E, D, così che diventi un globo. Perchè per le cause disturbanti la forza attraente delle particelle A, B non si manifesta, che a piccolissime distanze; onde tutte l'altre C, E, D aggiunte sono troppo lontane per poter dimostrare la loro forza contro la particella A. Dal che ne segue, che la velocità, con la quale due globi A, e B si vengono incontro, sarà molto minore di quella, colla quale s'incontrano due particelle a, b. Perchè le velocità sono reciproche alle masse, onde se fossero solamente le due particelle a, b, che si attraessero, la loro velocità sarebbe proporzionale inversamente alla piccola solidità, che hanno, e la forza sarebbe direttamente come la solidità, per la legge prima; si accrescano le loro masse, e diventino A, B, la loro forza attraente resta come prima, per la legge seconda; e la velocità, colla quale si vengono incontro, si diminuisce in proporzione, che si è accresciuta la loro massa. Quindi si vede manifestamente come la forza attraente di due corpi può essere facilmente disturbata dalla piccola resistenza, che loro fa l'aria, quando si vengono incontro; perchè la velocità è minima. Dunque poste le cause disturbanti, la legge prima dell'attrazione proporzionale alla massa non ha luogo, che nelle minime particelle, le quali sono ad una piccolissima distanza.

Tav. 13.  
Fig. 5.

LEG.

L E G G E III.

655. **L**A forza attraente de'corpi maggiori è inverfamente, come i quadrati delle loro distanze; ma ne'corpi più piccoli, o tra le parti della materia deve essere inverfamente in una ragione più che duplicata, cioè triplicata, o quadruplicata; ovvero inverfamente come i cubi, o le quarte potenze delle distanze, che hanno tra loro le particelle.

656. La prima parte di questa legge è stata già dimostrata parlando della gravità de'corpi. La seconda così si dimostra. La forza attraente nel contatto di due corpi è sensibilissima, e cresce come il numero delle parti, che si toccano per la legge seconda; ma tale non sarebbe se fosse inverfamente, come i quadrati della distanza, secondo che ora dimostreremo; dunque deve crescere in maggior ragione della duplicata. Inoltre sarebbe questa forza attraente sensibile ancora a qualche distanza de'corpi stessi; perchè osserviamo, che la gravità a distanze non sensibili da terra è la stessa, che quando i corpi toccano la terra. Ma questa forza attraente, ogni poco che si discostano i corpi, non è più sensibile, dunque siegue una ragione più che duplicata.

657. Newton dopo aver dimostrato nella proposizione 80 del libro I, come deve esprimersi la forza attraente d'un globo verso qualche particella lontana da esso, applicando poi la formola generale nella proposizione 81 ad un caso particolare, cioè quando la forza è come il cubo della distanza, truova nell'esempio secondo la seguente costruzione. Sia il globo AHB, e la particella, che esso tira P: dal punto P si tiri la tangente al globo PH, e dal punto H si cali la perpendicolare HI sopra il diametro del globo AB: si tagli PI in due parti uguali in L; quindi s'innalzino le perpendicolari Ll, Aa, Bb, Ss. Tagliata Ss uguale SI; prendendo Ll, LB per asintoti, si descriva un'iperbola tra esse, che passi, per lo punto s; dimostra, che la forza attraente deve esser espressa per l'area iperbolica AasbB, meno il rettangolo 2AS in SI. Ciò posto supponiamo, che il corpo P venga all'immediato contatto col globo AHB; in questo caso la tangente PH si muta nella Pa, ovvero Aa; svanisce inoltre la perpendicolare HI, mutandosi in Aa, la quale in vece di Ll, diventa asintoto dell'iperbola bsm. Ma proprietà dell'Asintoti è di non coincidere mai coll'iperbola, quantunque sempre in infinito s'accosti ad essa: dunque l'area iperbolica aA Bbm, che esprime la forza attraente del

Tav. 13.  
Fig. 6.

Tav. 13.  
Fig. 7.



L E G G E IV.

661. **L**A forza, colla quale una particella di materia tende verso un piano, gli è perpendicolare. Imperocchè sia la particella C attratta dal piano AB, si cali la perpendicolare CD, e fatto centro in D, con qualunque apertura si faccia un circolo ghcf; alla periferia di questo si tirino varie linee Cg, Ch, Ce, Cf; la particella C è tirata dalle parti del piano g, h, e ugualmente; perchè è equidistante da esso; dunque di moto composto andrà al centro D, ove si truova equidistante da tutte queste particelle; e perciò si porterà per la linea CD perpendicolare al piano.

Tav. 10.  
Fig. 1.

662. Esposte le generali leggi, colle quali si regola l'attrazione de' corpi, chiuderò questo capo colla proposizione 90. del libro primo di Newton, che dà un gran lume per dimostrare molti teoremi spettanti alla forza attraente, per dimostrarla però è necessario premettere il seguente

L E M M A.

*Se la linea AE girando intorno al punto A descrive colla sua parte infinitesima Ee, sollevandosi dal piano della carta un anello, sarà questo come il rettangolo AE, in Ee.*

Tav. 10.  
Fig. 3.

663. **I**mperocchè la linea AE girando intorno il punto A descrive un cerchio, e la linea Ae, un altro cerchio, ma per la prop. 2. del libro 12. di Tacquet i circoli sono in duplicata ragione de' diametri; dunque il circolo AE sta al cerchio Ae, come  $\overline{AE}^2 : \overline{Ae}^2$ , e sottraendo sarà  $AE - Ae : Ae :: \overline{AE}^2 - \overline{Ae}^2 : \overline{Ae}$ . Ma il circolo AE — il cerchio Ae, è uguale all'anello descritto dalla lineetta Ee; dunque l'anello starà al cerchio Ae, come  $\overline{AE}^2 - \overline{Ae}^2 : \overline{Ae}^2$ . Ma  $\overline{AE}^2 - \overline{Ae}^2 = 2Ae \times Ee + \overline{Ee}^2 = 2\overline{Ae} \mp \overline{Ee} \times Ee$  per la prop. 4. del lib. 2. d'Euclide; dunque l'anello sta al cerchio Ae ::  $2\overline{Ae} \mp \overline{Ee} \times Ee : \overline{Ae}^2$ . Ma il cerchio Ae ha la stessa ragione di  $\overline{Ae}^2$ ; dunque ancora l'anello sarà come  $2\overline{Ae} \mp \overline{Ee} \times Ee$ ; ovvero come  $\overline{Ae} \mp \overline{Ee} \times Ee$ ; ovvero come  $AE \mp Ee$ . Lo che dovea dimostrare.

## PROPOSIZIONE XVII.

*Determinare la forza attraente, colla quale un piccolo corpo, è tirato da un piano circolare.*

Tav. 10.  
Fig. 3.

664. **S**I concepisca la linea AD, innalzandosi sopra il piano della carta, descrivere intorno al centro A un circolo, che sarà perpendicolare alla carta stessa, mezzo di sopra, e mezzo di sotto; dobbiamo determinare la forza, colla quale il corpo P è tirato dal piano circolare.

Da qualunque punto del cerchio per esempio E si tiri la linea PE, e prolungata PA indefinitamente, si faccia  $PF = PE$ ; quindi s'innalzi FK perpendicolare alla PF, ch'esprima la forza, colla quale il punto E del piano circolare tira il corpo P. Sia IKL una linea curva determinata dall'estremità di tutte le linee parallele alla FK, le quali esprimono le forze di ciascun punto della linea DA. Incontri questa curva il piano circolare in L. Si prenda PH uguale alla PD, e s'innalzi la perpendicolare HI; dico, che l'attrazione del corpuscolo P verso il cerchio, il cui raggio AD s'esprimerà coll'area AHIL moltiplicata nella distanza AP.

Si prenda Ee infinitefima, e si tiri Pe; quindi in PE, PA si prendano Pc, Pf uguali alla Pe. Per ipotesi la forza, colla quale il punto E tira il corpo P secondo la direzione PE, si esprime con FK. Quindi per mezzo della proporzione troveremo ancora la forza, colla quale il punto E tira il corpo P verso il punto A, facendo  $PE:AP::KF:y=(AP \times FK:PE)$  dunque la forza, colla quale l'anello descritto dalla linea Ee tira il corpo P verso A, sarà come il numero delle parti dell'anello, cioè come l'anello stesso moltiplicato in  $(AP \times FK:PE)$ . Ma l'anello secondo il Lemma è come  $AE \times Ee$ . Di più  $AE \times Ee = PE \times CE$ ; perchè il Triangolo PAE  $\simeq$  e EC per la costruzione; onde  $PE:AE::Ee:CE$ , ovvero Ff per la costruzione; e perciò  $PE \times CE = PE \times Ff$ ; dunque la forza, colla quale l'anello tira il corpo P verso A, sarà come  $PE \times Ff \times (AP \times FK:PE)$ , e cassando PE, sarà come  $Ff \times FK \times AP$ ; ovvero essendo Ff infinitefima, e perciò la figura fFKk un rettangolo; sarà la forza, colla quale l'anello fatto dalla Ec tira il corpo P verso A, come l'area FKkf moltiplicata in AP. Onde la somma delle forze di tutti gli anelli, ne' quali si divide

il

il piano circolare fatto col raggio AD; cioè la forza, colla quale il piano circolare tira il corpo P verso A, sarà come la somma infinita FKkf, cioè come tutta l'area IKLAH moltiplicata nella distanza AP; come dovea dimostrare.

C A P O XVI.

La Statica.

665. **L**A Statica è quella parte di Meccanica, che insegna a equilibrare le forze disuguali di due corpi. Quello di questi due, che è più piccolo, si chiama *Potenza*, quello che è maggiore, *Resistenza*, lo strumento, col quale si fa l'equilibrio, è chiamato *Macchina*. Di queste tre cose deve trattare la Statica.

666. La *Resistenza*, o l'*Ostacolo* da superarsi per l'ordinario è il peso del corpo; ma oltre questo dobbiamo computare ancora molte altre cause, che la producono; per esempio la *scabrosità* del piano, su cui camminano i corpi, lo *sforzamento* vicendevole delle parti della macchina, che adoperiamo, la *coerenza* de' corpi, la quale ci prefiggiamo alle volte di superare ec.

667. La *Potenza* può essere *animata* come gli uomini, e i bruti, o *inanimata* come un peso, l'acqua, il fuoco, l'aria ec. col mezzo delle quali si superano bene spesso massime resistenze. Quando la potenza agisce nella resistenza, o si sforza d'*innalzarla*, o di *tirarla*, o di *dividerla*; un sasso per esempio ci sforziamo d'alzarlo, di trasportarlo, o di romperlo. A queste tre si riducono le operazioni della potenza.

668. Le *Macchine* sono quegli istromenti, de' quali ci serviamo per uguagliare la potenza alla resistenza; uguagliata che è, non è difficile il muoverla, un poco accrescendo la potenza. Quindi nacque, che gli antichi dissero *Statica* quella parte della Meccanica, che parla dell'equilibrio de' corpi solidi, e delle macchine per muoverli. Le *Macchine* altre sono *semplici*, altre *composte*, le semplici sono cinque secondo gli antichi, cioè il \**Verte*, la † *Bilancia*, \*l'*Asse nella ruota*, le † *Taglie*, e le \* *Ruote co'denti*. Noi co' moderni a queste ne aggiungiamo due, che sono la † *Vite*, e il \* *Piano inclinato*, dal quale nasce il *Cuneo*. Le *Macchine* composte sono quelle, che nascono dalle semplici insieme combinate, e il loro numero è quasi infinito, dipendendo dall'umano ingegno.

Tav. 142  
\*Fig. 3.  
† 10.  
Tav. 152  
\*Fig. 1.  
† 7.  
Tav. 16.  
Fig. \* 3.  
† 6, \* 10.

669. Le

669. Le vicendevoli azioni della potenza, e resistenza, che si fanno per mezzo del loro moto, si chiamano i loro *Momenti*; onde nella Statica, Momento, quantità di moto, e forza motrice sono lo stesso.

Tav. 10.  
Fig. 5. 670. *Centro di moto* d'uno, o più corpi è quel punto, intorno al quale si muovono, o possono muoversi. Sieno due corpi, A, B insieme uniti con un'asta inflessibile AB di metallo, o di legno, si sospendano dal punto c, o da qualunque altro, farà questo il centro del moto.

Tav. 10.  
Fig. 4. 671. *Centro di gravità* in uno, o più corpi insieme uniti, è quel punto, da cui sospendendosi uno, o più corpi non si muovono, e perciò stanno in equilibrio. Dunque il centro di gravità divide un corpo in due parti equiponderanti: Siano due corpi A, B uniti insieme coll'asta AB, se sospesi dal punto c, uno prepondera all'altro, farà c il loro centro di gravità; perciò ogni *centro di gravità*, è *insieme centro di moto*, ma non ogni centro di moto, è ancora di gravità.

672. *Centro di grandezza* in un corpo è quello, che divide il corpo in due parti d'ugual volume, o di mole. Così in una palla il suo centro, è ancora centro della sua grandezza. *Il centro del volume è insieme centro di gravità*, se il corpo sia *omogeneo*, cioè composto della stessa specie di parti; perchè in tal caso divide ancora il corpo in due parti equiponderanti, onde il centro d'una palla è nel tempo stesso centro del volume, della gravità, e del moto §. 671. Per non errare nel determinare, se il corpo è omogeneo, è necessario osservare, non solamente se è composto della stessa materia, ma ancora se questa ha da per tutto la stessa densità. Per esempio si fa, che un albero qualunque composto dello stesso legno, ciò non ostante le parti, che sono vicine alle radici hanno più densità di quelle, che sono più lontane; perciò se formerassi una gran palla dello stesso legno, accaderà sempre, che il suo centro di volume, non farà ancora centro di gravità; non così però se la palla è piccola, e perciò occupa una piccola porzione dell'albero da cui si cava. *Il centro del volume è diverso da quello della gravità*, se il corpo è *eterogeneo*, come è manifesto. Questa regola però ha dell'eccezione in que' corpi eterogenei, le parti de' quali sono ugualmente unite e disperse; per esempio se insieme si liquefacciano due metalli; le loro parti si distribuiscono ugualmente, e perciò in questo caso, quantunque sia eterogeneo il metallo composto; ciò non ostante in esso il centro del volume, e della gravità saranno lo stesso.

673. Siccome il centro di gravità divide il corpo in due parti equiponderanti, le quali perciò s'equilibrano, nè l'azione d'una prevale a quella dell'altra; così ne siegue, che chi sostenterà questo centro, sosterrà ancora l'intera gravità del corpo; perchè siccome l'azione d'una parte non produce alcun moto nell'altra, ma resta effinta; così nascerà, che amendue le azioni gravitanti s'eserciteranno contro il punto di sospensione, ovvero contro la mano, che le regge. Onde con ragione gli Statici per esaminare il moto, e l'equilibrio de' corpi, concepiscono la loro forza unita tutta nel centro di gravità, e dal moto di questo punto giudicano del moto, che fa l'intero corpo. Così ancora nella legge 4 dell'attrazione §. 661. abbiamo dimostrato, che la forza attraente di tutti i punti  $h, e, f, g$  si concepisce unita nel punto di mezzo  $d$ , e dall'azione di questo si giudica della forza, con cui il piano tira il corpo  $C$ . Poste queste definizioni stabiliamo il teorema fondamentale di tutta la Statica.

Tav. 10.  
Fig. 1.

P R O P O S I Z I O N E XVIII.

*La Potenza, e la Resistenza disuguali allora sono in equilibrio, quando i loro pesi sono reciprochi agli spazj, che descriverebbero.*

674. **L**E azioni, o momenti della potenza, e resistenza sono lo stesso, che il loro moto §. 669. questo s'ha dalla massa, e velocità che hanno §. 350. La massa ne' corpi è proporzionale al peso §. 564.; la velocità è come lo spazio §. 343.; quando i corpi si muovono nel tempo stesso, come appunto accade nel caso dell'equilibrio, perchè operano nel tempo stesso. Dunque §. 356. allora si darà equilibrio tra la potenza, e resistenza, quando i loro pesi saranno reciprochi agli spazj descritti. Onde se i pesi siano  $P, p$ , gli spazj  $S, s$ ; allora saranno in equilibrio, quando sarà  $P: p:: s: S$ ; perchè avremo  $PS = ps$ , cioè il moto del primo uguale al moto del secondo. Come dovea dimostrare.

675. Onde se  $P = p$ , ancora  $S = s$ ; e perciò perchè s'equilibrino due corpi di egual peso, è necessario, che gli spazj, che descriverebbero, siano uguali tra loro.

676. Quantunque sia così facile il teorema fondamentale della statica; ciò non ostante in pratica alcune volte porta con se difficoltà considerabili. A stabilire l'equilibrio tra le azioni di due corpi basta de-

ter-

terminare il peso, che hanno; e lo spazio, che movendosi descriverebbero; ma non ogni spazio è quello, di cui si parla, ma solamente lo spazio, che descrivendo un corpo, nello scorrerlo fa resistenza all'altro; e perciò agisce contro di esso. Se tenessi a un filo legato un uccello, e questo volasse in giro, senza tendere il filo, lo spazio, che esso descrive, non è quello, di cui si parla, perchè con esso non agisce contro la mia mano; ma se volasse per linea retta sforzandosi di liberarsi dalle mie mani, in tal caso lo spazio, che descrive è quello, di cui si parla nel teorema. Così ancora se innalzo il corpo O per un piano inclinato verso A, lo spazio, che descrive, realmente è la lunghezza del piano OA; ma quello, con cui resiste alla mano, che lo tira, è la perpendicolare RB, o l'altezza, a cui lo sollevo; perchè i corpi gravi resistono col loro peso solamente, quando vogliamo innalzarli da terra.

Tav. 10.  
Fig. 6.

677. Quindi se due corpi A, B saranno attaccati ad un'asta inflessibile AB, gli spazj saranno proporzionali alle loro distanze dal centro di sospensione. Perchè se si sospendano dal punto C, e intorno ad esso si muovano, il primo A descriverà un arco di cerchio, il di cui raggio sarà cA; il secondo B nel tempo stesso un arco, il di cui raggio è cB; onde questi archi saranno gli spazj descritti; ma le periferie de'cerchj, e perciò gli archi simili sono tra loro come i raggi de' medesimi per la Geometria; dunque essendo gli archi descritti da corpi A, B simili, perchè hanno al punto c angoli uguali; ne nascerà, che questi saranno come i raggi cA, cB; onde abbiamo un teorema particolare per determinare l'equilibrio di due corpi insieme uniti. *Due corpi insieme uniti allora s'equilibrano, quando i loro pesi sono reciprochi alle distanze dal centro di sospensione.*

Tav. 10.  
Fig. 5.

678. Questo centro di sospensione, quando i corpi sono in equilibrio, farà lo stesso, che il centro di gravità. Onde siegue, che lo stesso teorema possiamo ancora applicare a due corpi, che quantunque non siano uniti con un'asta inflessibile; ciò non ostante operano uno sopra dell'altro; e perciò colle loro vicendevoli azioni si reputano come insieme uniti. Questo esempio l'abbiamo nella terra, e la Luna, che vicendevolmente attraendosi, vanno di concerto girando nell'ipotesi Copernicana intorno al Sole; così ancora Giove con i suoi quattro Satelliti.

679. Contro questo teorema si può fare una difficoltà cavata dalla terza legge del moto. L'azione è sempre uguale alla reazione; dunque si sospendano i corpi A, B dal punto c, o da qualunque al-

tro,

tro, sempre si darà tra loro equilibrio. A questa difficoltà si risponde, che sempre si darà equilibrio, se per esso s'intenda uguaglianza d'azioni; ma non già se per esso s'intenda la quiete di due corpi, come qui nella proposizione abbiamo supposto. L'uguaglianza d'azioni tra due corpi si fa in due maniere, e quando amendue stanno quieti, e quando amendue si muovono, e tanto uno è promosso, quanto l'altro è ritardato; questa seconda uguaglianza suppone sempre il moto di due corpi; perchè se stessero quieti, non potrebbe essere uno di questo tanto promosso, quanto l'altro viene ritardato. Perciò conviene distinguere l'equilibrio dall'uguaglianza delle azioni ne' corpi.

DEL CENTRO DI GRAVITA'.

680. **D** Alle cose finora dette ricaviamo I. il modo di determinare, dati due pesi uniti, quale debba preponderare. Sia il globo A di libbre 3, B di 1; cA sia 1, cB sia 4; il momento di A sarà 3, quello di B sarà 4, §. 677. perciò B prepondererà, e l'asta BA scenderà dalla parte del minor peso. Tav. 10.  
Fig. 4.

681. II. Ne deduciamo il modo di trovare, posti più corpi sopra un piano inclinato, quali di questi scorreranno, quali si rivolteranno per lo stesso piano. Siano i corpi O, D, S sopra il piano AC, la cui altezza è RB, parte del loro peso è sostentato dal piano, e coll' altra porzione scenderanno per esso, ma non tutti nella stessa maniera. Trovato il centro di gravità di ciascheduno, da essi si calino le perpendicolari OM, DG, SP sopra il piano orizzontale FB, se queste cadono fuori delle basi de' corpi, allora questi scenderanno rivoltandosi intorno a loro stessi; se cadono dentro, scenderanno semplicemente. Quindi i due primi corpi O, D scorreranno rivoltandosi, perchè OM, DG escono fuori delle basi LN, E. Per lo contrario il cubo S scorrerà solamente, perchè SP cade dentro la base HI. Ciò però solamente s'intende per riguardo alla scabrosità, che sempre si truova ne' corpi; perchè per altro ogni corpo di qualunque figura deve in qualunque caso, se è ben liscio, scorrere senza rivoltarsi. Perchè come si dimostra parlando de' piani inclinati, se le linee OM, DG esprimono la gravità assoluta de' corpi, calate le perpendicolari OE, DE, sopra il piano AC, le linee ME, GE, esprimeranno la gravità, colla quale questi corpi Tav. 10.  
Fig. 6.

pi scendono per lo piano AC; ma queste linee sono nella stessa direzione del piano; dunque la forza, che li fa scendere, non essendo OM, DG, non opera questa fuori delle basi de' corpi, e perciò non li può far rivoltare. Mi persuasi di questo coll'esperienze più volte ripetute con Pietro de' Martino già Real Professore d'Astronomia; lasciando andare per un piano inclinato di cristallo elevato da una data altezza una Piramide alta un palmo, quindi un prisma triangolare, un icosedro, o figura di venti triangoli equilateri, e un globo d'avorio; osservando, che tutti questi corpi scorrevano senza rivoltarsi, essendo perfettamente levigati; ma se s'inumidiva colla mano il piano di cristallo, o il globo; immediatamente al primo scendere cominciavano a rivoltarsi. La ragione di ciò è evidentissima, perchè nello scendere i corpi, se trovano intoppo, si fermeranno per un poco; onde non potendosi muovere le parti d'essi, che sono all'immediato contatto col piano, le altre, che sono in aria; proseguiranno il loro moto, o la velocità acquistata, e perciò il corpo sarà obbligato a rivoltarsi, quando la perpendicolare OM cada fuori della base. In una parola, il piano declive AC muta la pressione della gravità, che s'eserciterebbe per DG, se il corpo fosse sopra un piano orizzontale, e fa che questa s'eserciti per la DE perpendicolare al piano AC; perchè non si può negare, che il corpo sopra il piano sottoposto, quantunque declive; dunque se il corpo non trovasi intoppo, siccome esercita la sua pressione per DE, così quello, che gli resta di gravità sarà espresso per EG, e perciò scorrerà senza rivoltarsi; ma se trova intoppo nello scendere, allora non potendosi più esercitare la pressione, e il moto per DE, EG, tornerà ad esercitarlo, come se fosse libero per DG, onde scorrerà rivoltandosi.

682. III. Per mezzo del centro di gravità si spiega, come un corpo possa da per se stesso salire colla sua gravità. Si facciano due piani inclinati GD, EA, colicchè l'altezze GN, EM siano maggiori di quelle della parte A, D. La macchina per mezzo della vite K, e del pendulo LI possa situarsi col piano NK orizzontale. L'apertura AD è più stretta della EG, dove vi è una sbarra di legno, che trattiene il corpo F, quando sale. F è un doppio cono, o pure due coni, che sono insieme uniti nelle basi; intorno alle quali è per abbellimento la ruota BC. Se si mette il doppio cono in AD da per se stesso sale in EG, quando però il semidiametro d'esso EB sia maggiore della differenza, che passa tra l'altezza EM, e quella AK, che

Tav. 10.  
Fig. 7.

che è minore. Perchè salendo tutto il corpo del cono, la punta d'esso F continuamente scende, fino che arrivato in GE, la punta F tocca il punto E; ma quando era in DA, la punta F stava sollevata dal punto A, quanto è il semidiametro FL del cono. Onde il centro di gravità di esso, che è la punta F, andando da A verso E, realmente discende di continuo, mentre tutto il cono sale. Accade questa discesa, perchè l'apertura GE è più grande della DA. Ma il moto de' corpi deve misurarsi da quello del centro di gravità §. 673. dunque tutto il cono deve salire. Che il centro di gravità realmente scenda, si dimostra colla figura seguente. Sia GN uguale alla differenza, che passa tra l'altezza EM, e AK. Il semidiametro CF del cono C sia maggiore di GN. Si faccia GS uguale a questo semidiametro CF; quando il cono va da C in N, la sua punta, o centro di gravità camminando per la linea tirata dal punto S al punto F andrebbe in piano; dunque se camminerà per la linea tirata dal punto N al punto F, scenderà continuamente. Questo appunto è il moto, che fa, quando il cono va dal punto A al punto E. Tav. 10. fig. 7.

Tav. 10.  
Fig. 8

683. IV. Per mezzo dello stesso centro di gravità si determina ancora il moto de' corpi, come abbiamo detto; il che per concepire: siano i due corpi A, B eguali di peso, il loro centro di gravità sarà nel punto di mezzo. S'accostino, o si discostino amendue con eguale velocità, il centro starà sempre nello stesso luogo. Ma se de' due corpi B, A, il corpo B s'accosta, o discosta più velocemente che A, allora il centro di gravità si moverà verso la parte B colla metà dell'eccesso della velocità di B sopra quella di A: altrimenti non potrebbe sempre trovarsi in mezzo a tutti due, come deve essere, perchè sono uguali di peso. Siano due corpi A, B disuguali di peso, essendo A tre volte maggiore di B, sarà per lo teorema c B tre volte maggiore di c A: onde se amendue i corpi si scostano, o discostano con velocità reciprocamente proporzionali a' loro pesi, il centro di gravità c starà quieto; se si muovono diversamente, il centro ancora si moverà verso il corpo, che accresce la sua velocità sopra il dovere, colla metà della velocità, che è di sopra più alla ragione reciproca de' pesi.

Tav. 10.  
Fig. 5.

684. V. Abbiamo inoltre il modo di determinare, dati due corpi A, B, il punto, che sarà il loro centro di gravità. Per la proposizione fondamentale  $A : B :: Bc : Ac$ ; e componendo  $A \mp B : A :: Bc \mp Ac$ , ovvero  $AB : Bc$ ; onde  $Bc = (A \mp AB : A \mp B)$  Sia A tre libbre; B una; BA sia quaranta pollici, la distanza di B sarà

$\frac{a}{b} = 30$ . Collo stesso metodo si troverà, che la distanza del maggiore  $Ac = (B \times AB : A + B)$ .

685. VI. Quindi dato un peso, e il centro dell'equilibrio  $c$ , possiamo trovare l'altro peso: imperocchè dalla proporzione di sopra si ricava  $A = (B \times Bc : Ac)$ ; ed ancora  $B = (A \times Ac : Bc)$ .

Tav. 10.  
Fig. 9.

686. VII. Siano più corpi  $a, b, c, d$  uniti ad un'asta inflessibile  $AB$ ; per trovare il loro centro di gravità comune, che sia per esempio in  $H$ , si moltiplichi la distanza de' due primi pesi  $a, b$  nel peso primo  $a$ ; quindi la distanza  $CE$  de' due secondi nella somma de' due primi pesi  $a, b$ ; quindi la distanza  $EB$  del terzo, e quarto peso ne' tre primi pesi,  $a, b, c$ ; la somma di questi prodotti divisa per la somma di tutti quattro i pesi darà la distanza  $BH$  dell'ultimo dal centro di gravità. La regola analiticamente espressa è questa  $(BH = AC \times a + CE \times a + b + EB \times a + b + c : a + b + c + d)$ . Imperocchè §. 684.  $a + b : a :: AC : CF$ ; dunque  $CF = (AC \times a : a + b)$ ; per la stessa ragione abbiamo  $a + b + c : a + b :: FE : GE$ ; ovvero essendo  $FE = CF + CE$ , sarà ancora  $a + b + c : a + b :: (AC \times a + CE \times a + b : a + b) : GE$ ; onde  $GE = (AC \times a + CE \times a + b : a + b + c)$ ; collo stesso metodo si troverà il valore di  $BH$ . Su questa regola è appoggiata quella da noi data ne' §. 436. e segg. dove insegnammo a determinare la direzione, e forza d'un corpo, che da più altri è mosso.

687. Acciocchè più facilmente si concepisca la ragione di questa regola conviene riflettere, che supposto il punto  $F$  centro di gravità tra i due corpi  $a, b$ , da questo punto si può concepire sospesa la palla  $a + b$  d'ugual peso a tutte due. Tra il punto  $F$ , e il punto  $E$ , dove sta la palla  $c$ , si truovi il centro di gravità, che sia  $G$ ; da esso si concepiranno pendenti le tre palte  $a, b, c$ . Tra questo punto  $G$ , e il punto  $B$  si truovi il centro di gravità, che sarà  $H$ .

688. VIII. Dati più pesi, e qualunque punto, da cui si tengono sospesi, determineremo da qual parte preponderino: se da una parte, e dall'altra si moltiplichi ciascun peso nella sua distanza dal centro di sospensione; dove sarà maggiore la somma di questi prodotti, ivi prepondererà l'asta.

Tav. 10.  
Fig. 10.

689. IX. Collo stesso metodo dati tre corpi  $A, B, C$ , che non sono nella stessa asta, ma in due diverse, possiamo trovare il loro centro comune di gravità. Si truovi il punto  $D$  tra  $A, B$ ; ivi dovrà

con-

concepirsi unita la somma de' pesi A, B. Tra il punto D, ed il punto C si truovi il centro di gravità E; farà questo, come apparisce dalla costruzione centro di gravità comune a tutti e tre i pesi. A sia 1, B sia 2, C sia 6; si faccia AD doppia di DB, e siccome in D si concepisce il peso 3 e in C il peso è 6, si faccia DE doppia di CE, farà in E il centro, che si cerca.

690. X. Siano quattro pesi a, b, c, d, che si tengano dal punto m, prepondereranno dalla parte EB, perchè in H è il centro di gravità, si deve ritrovarsi il punto n, dal quale se si sospendesse un peso uguale a tutti e quattro, e si levassero i pesi c, d, l'asta prepondererebbe nella stessa maniera dalla parte EB. La regola è questa, il momento de' pesi c, d diviso per la somma di tutti, darà la distanza mn. Imperocchè per ipotesi il momento de' pesi c, d sospesi in E, B, deve essere uguale al momento di tutti sospesi in n. Ma il momento de' pesi, che sono in m è uguale al prodotto della somma di tutti nella distanza m n; dunque se divideremo l'uguale a questo, cioè il momento de' pesi c, d per la somma di tutti e quattro i pesi, avremo la distanza mn. Come doveasi dimostrare.

Tav. 10.  
Fig. 9.

691. XI. Con questi metodi per mezzo del calcolo degli' infinite-simi, si truova il centro di gravità di tutte le figure piane, e solide, come fa il Wolfio al capo 3. nella Meccanica; ma siccome lungo sarebbe il farne l'applicazione, così daremo una regola universale meccanica per trovare immediatamente, dato qualunque corpo, il suo centro di gravità. Sia da trovarsi il centro di gravità della tavola HI: si metta sopra il prisma FG, come si vede in figura, o in qualsiasi altro sito, e tanto si muova, fino che la parte LI si equilibri colla parte KH; il centro di gravità d'amendue farà in qualche punto della linea KL, che corrisponde al taglio del prisma. Si noti questa sopra la tavola, e si rivolti dipoi la tavola; cosicchè MN cada sopra il taglio del prisma, movendola finchè la parte MI si equilibri con NH, il centro di gravità di esse parti farà in qualche punto della linea MN; dunque il centro di tutta la tavola farà nel punto O, che è comune intersezione d'ambedue. Intorno al centro di gravità molto bene si spiegò fino dagli antichi tempi Archimede Siracusano fiorito 207. anni avanti l'era Cristiana ne' suoi due libri *De Equiponderantibus*, e in quello *De Quadratura Parabolæ*, che espone con chiaro metodo Isaac Barrow Professore Lucasiano a Cambridge, stampati a Londra nel 1675, colle Sezioni coniche d'Apollonio, e gli Sferici di Teodosio. Più diffusamente d'esso un intero trattato del centro di gravità, e del

Tav. 10.  
Fig. 11.

del suo calcolo diede il Wallis volume 1 delle sue Opere matematiche; Oxford 1695. nella parte 2. della Meccanica; e prima di lui il P. Paolo Guldini della Compagnia di Gesù nella sua *Centrobaryca* stampata in Vienna d' Austria nel 1635., e nel 1640. in quattro libri.

*Macchine semplici.*

DELLA LEVA.

Tav. 10.  
Fig. 12.

692. **L** A Leva è un' asta inflessibile AB, per mezzo della quale si sollevano i pesi. Il punto C, dove appoggia, si dice *sostegno*. Per far uso di questa macchina meccanica, trovato il centro di gravità, che sia C, sotto d'esso si metta il sostegno, è chiaro, che il peso 2 farà equilibrio col peso 1; onde allungando CB, o pure accostando il *fulcro* C al peso A, ovvero accostando il peso A al *fulcro* C, che è lo stesso, facilmente il peso minore B solleverà il maggiore A.

Tav. 10.  
Fig. 12.

693. Tre forte di leve distinguono i Meccanici, secondo le tre maniere di poter disporre la potenza, la resistenza, e il sostegno. Se il sostegno è in C tra la resistenza A, e la potenza B, si dice *Leva di primo genere*. Se la resistenza è in A, il fulcro in C, la potenza nell'altra estremità B, si dice *Leva di secondo genere*. Quando la potenza B è tra la resistenza A, e il fulcro C, si chiama *vetta di terzo genere*.

Tav. 14.  
Fig. 1.

I due ultimi vetti si dicono *Omodromi*, il primo *Eterodromo*.

Tav. 14.  
Fig. 2.

694. In vigore della proposizione 18. possiamo facilmente ricavare il modo di mettere in equilibrio la potenza, e la resistenza per mezzo della leva. Il sostegno fa da punto di sospensione, o pure centro di gravità; dunque allora si darà equilibrio, quando la potenza, e la resistenza siano in ragione reciproca delle distanze dal sostegno. Supponiamo nel vetto secondo, che A sia un peso di 7 libbre, B una forza di una libbra; allora saranno in equilibrio, quando B sia 7 volte più lontano dal sostegno C, di quello, che A. Quindi apparisce, che nella Leva terza non si può mai fare equilibrio, perchè la resistenza A sta sempre più lontana dal sostegno posto in C, ovvero in c, di quello, che la potenza B; nè può servire ad altro, che ad accrescere la resistenza. Per esempio se A, che è di 3 libbre voglio farlo diventare 9 volte maggiore di B, farò A c tre volte maggiore di B. §. 350.

695. In vece di un sostegno ne possiamo adoperare due, come s'esprime nella figura; ciò accade, quando un peso A deve essere sostenuto da due appoggi, o pure quando due uomini portano un peso con una

stan-

stanga: in tal caso la regola è sempre la stessa; se l'appoggio, o l'uomo B è una volta e mezza più forte dell'appoggio C, dobbiamo allontanare il peso A dall'uomo C una volta e mezza di più; così porteranno ugualmente, e saranno tra loro in equilibrio. Se l'uomo B avesse forza 50, e l'uomo C forza 1, dovrebbe il peso A accostarsi 50 volte più all'uomo B, che all'uomo C; nel qual caso B porterebbe 50, C porterebbe 1, onde se il peso A fosse di libbre 51, ciascuno porterebbe a proporzione della sua forza; perchè in tal caso quanto B supera C in forza, altrettanto C supererebbe B in velocità.

Tav. 14.  
Fig. 4

696. Questa è la maniera più semplice d'accrescere colla meccanica la forza della potenza, accrescendo facilmente la sua velocità; così che non porti, che quella porzione di peso, della quale è capace. Ciò bene conobbe Archimede, quando disse, come riferiscono.

*Dic ubi consistam, calum, verumque movebo.*

Per far ciò supponiamo, che un piede cubico di terra pesi libbre 100: dato il diametro della medesima, si troverà la sua solidità di piedi cubici per la proposizione 24. 28. de' teoremi scelti d'Archimede dal Tacquet, da quale moltiplicata per 100., darà il peso della terra di libbre 390784700118074464789750. Supponiamo, che la forza di un uomo equivalga a libbre 200; la forza d'Archimede sarà al peso della terra, come 1: 1998923500510372323998 $\frac{1}{2}$ ; quindi in tale proporzione dovrebbe dividerla leva per sollevare la terra, se si trovasse un punto stabile fuori di essa per appoggiarla, e nel tempo stesso una materia tenacissima, e molto coerente da formare la leva, che potesse reggere a tanto peso.

697. In tutte queste dimostrazioni della leva sempre abbiamo supposto la stessa priva di peso, il quale però, se è considerabile, deve computarsi a favore della potenza, quando questa preme all'ingiù la leva per sollevare il peso; il contrario sarebbe, se la potenza B, per sollevare il peso A, dovesse innalzare la leva BCA, che accade, quando l'estremità della leva verso A è incurvata un poco, cosicchè questa stessa serve di punto d'appoggio. Inoltre abbiamo supposto, che la forza movente operi per una linea perpendicolare alla leva in tutto il moto, che fa; come anche il peso, che sia perpendicolare; altrimenti si muterebbe la distanza dal punto fisso, come osserveremo in appresso. Di più si suppone, che il peso da innalzare non sia molto lungo, nel qual caso la leva non è più semplice, ma composta.

Tav. 14  
Fig. 3

698. A quest'effetto sia il peso A E alquanto lungo, il suo centro di

di gravità sia  $D$ , siccome questo è lontano dall'estremità  $A$  della leva; così non si può concepire ad essa attaccato; e perciò la distanza del fasso dal sostegno  $C$  non sarà  $AC$ , ma più grande. Quindi per fare equilibrio, calata dal centro di gravità  $D$  la perpendicolare  $DF$ , questa sarà la regola: La forza  $B : D :: CA \times EF : BC \times AE$ : Dovremo computare  $CA$ ,  $EF$  per le distanze del fasso dal sostegno,  $BC$ ,  $AE$  per quelle della potenza: imperocchè  $BCA$  è la prima leva, onde  $B : D :: CA : BC$ : ma il fasso essendo lungo, fa anch'esso le veci d'una leva, nella quale il punto d'appoggio è in  $E$ , il peso si concepisce in  $F$ , dove cade a perpendicolo il centro di gravità  $D$ , la potenza è la stessa  $B$ , ma applicata in  $A$ . Dunque nel secondo vette  $EFA$ , allora si darà l'equilibrio, quando  $B : D :: FE : AE$ ; dunque computando amendue le leve avremo l'equilibrio, quando  $B : D :: CA \times FE : BC \times AE$ .

699. Si può ancora dare il caso, che il peso non sia un solo, ma più attaccati a diversi punti della leva; allora per fare l'equilibrio questa è la regola. Per determinare la vera distanza de' pesi dal sostegno si truovi il loro centro di gravità, da cui calata la perpendicolare, sopra la leva, determinerà questa il punto della distanza. Siano i tre pesi  $D$ ,  $C$ ,  $G$  posti sulla leva  $AB$ . Si truovi il centro di gravità delli due  $D$ ,  $C$ , che sia  $e$ , ivi devono supportarsi amendue uniti, tra questo punto  $e$ , e il peso  $G$  si truovi il centro  $K$  di gravità, quivi si concepiscono uniti i tre pesi  $D$ ,  $C$ ,  $G$ ; perciò calata la perpendicolare  $KL$ , sarà  $LA$  la vera distanza de' tre pesi dal sostegno  $A$ , come s'è già dimostrato.

700. Resta ora ad esaminare il caso, in cui la potenza non opera per una linea perpendicolare alla leva. Sia la potenza applicata in  $B$ , la sua distanza sarà  $BC$ , e lo stesso accaderà, se si tiri il vette in giù colla corda  $BR$ , purchè la mantenga sempre perpendicolare alla  $BC$ . Ma se la forza tira secondo la direzione  $BD$ , ovvero  $BL$ , allora calate dal punto  $C$  le perpendicolari  $CD$ ,  $CD$  alle direzioni prolungate se bisogna, come accade in  $BL$ , queste esprimeranno le distanze dal punto  $C$  della potenza.

701. Imperocchè sia la leva  $ACB$ , il di cui sostegno è  $C$ , o pure la leva  $acb$ , il di cui punto d'appoggio è l'anello  $c$ , del quale in alcuni casi si fa uso; qualunque sia l'appoggio, se la potenza  $A$ , e la resistenza  $B$  operino secondo le direzioni  $AG$ ,  $BH$ , e nell'altra leva  $ab$  secondo le direzioni  $ag$ ,  $bh$ ; dico che dal puntello  $C$ , e anello  $c$ , calando le perpendicolari  $CF$ ,  $CD$ ,  $cf$ ,  $cd$ , si darà l'equilibrio, quando  
nella

nella prima leva farà  $B : A :: CF : CD$ ; nella seconda quando starà  $b : a :: cf : cd$ . Per dimostrarlo si prolunghino le direzioni  $AG$ ,  $BH$  finochè concorrano nel punto  $E$ . La potenza, e la resistenza tirando per le direzioni  $AE$ ,  $BE$  il sostegno  $C$ , se questo potesse muoversi, descriverebbe di moto composto la linea  $CE$ . Perchè tirate le  $CH$ ,  $CK$  parallele alle direzioni  $AE$ ,  $BE$ , la figura  $CKEH$  farà un parallelogrammo la di cui diagonale è  $CE$ . Dunque esprimendo  $CE$  la direzione, e forza composta, le due  $HE$ ,  $EK$  esprimeranno le forze componenti; perciò avremo la forza  $B : A :: HE : EK$ . Ma per la costruzione il triangolo  $CHE = CKE$ ; dunque reciprocheranno le basi, e le altezze per lo lib. 6. d'Euclide. Onde essendo le altezze de' triangoli  $CD$ ;  $CF$ , per la costruzione avremo  $HE : EK :: CF : CD$ ; sostituendo i due ultimi termini nella proporzione di sopra, farà  $B : A :: CF : CD$ .

702. Dunque le distanze dal sostegno, quando la potenza, o la resistenza, o pure tutte due operano obliquamente sulla leva, dovranno sempre esprimersi per le perpendicolari. Perciò le forze, che tirano in  $L$ ,  $R$ ,  $D$ , faranno tra loro come  $CD$ ,  $BR$ ,  $CD$ , che sono perpendicolari alla direzione delle forze; come dovea dimostrarfi.

Tav. 14.  
Fig. 6.

703. Per concepire come la forza non operando per la  $BR$  non s'impieghi tutta a sollevare il peso  $A$ , e perciò si diminuisca, basta riflettere, che quando tira per  $BL$ , non solamente si sforza d'elevare il peso  $A$ , ma ancora tira a se il punto  $B$ , e lo slontana da  $C$ ; così parimente tirando per  $BD$ , si sforza d'accostare il punto  $B$  al punto  $C$ , e ciò di fatto accaderebbe, se l'asta  $BC$  non fosse inflessibile. Quindi operando per  $BL$ ,  $BD$  sempre si diminuisce la potenza; non così però quando tira  $B$  secondo la direzione perpendicolare  $BR$ , allora tutta s'impiega solamente ad abbassare il punto  $B$ , e innalzare il punto  $A$ .

704. Quindi se supponiamo, che il vette  $a$  s'innalzi dalla parte  $a$ , cosicchè  $ca$  descriva il cerchio  $aghik$ , se la direzione  $ad$  sia quella, colla quale opera la potenza, si determinerà la distanza della medesima dal sostegno  $c$ , quando la leva  $ca$  sarà in  $cg$ , di modo che  $cn$  sia perpendicolare alla  $dn$ ; onde trasportata  $cn$  in  $cb$ , la forza operante per  $a$  d'è la stessa, che se fosse in  $b$  perpendicolare al vette  $ca$ . Nella stessa maniera se la forza operi per  $fa$ , dovrà concepirsi il vette  $ca$  innalzato in  $ch$ , fino che la direzione  $fm$  gli venga perpendicolare; trasportata  $cm$  sopra  $ce$ , la forza, che opera per  $fa$ , farà la stessa, che se il peso  $P$ , fosse in  $e$ , e si sforzasse di sollevare il peso  $R$ .

Tav. 17.  
Fig. 1.

705. *Esperienza.* Questo si può confermare colla macchina ACDB, in mezzo della quale è attaccato il piccolo sostegno F forato, per cui si passa un piccolo asse di ferro, che serve di sostegno al vette gh, il quale è bucato in più luoghi, per potere sperimentare tutte ciò che abbiamo detto della leva, attaccando in G, H pesi uguali, se FG, FH sono ugualtec.; nel qual caso se i pesi attaccati in G, K sono perpendicolari alla leva, se bene questa diventi obliqua, come hi, ciò non ostante resterà sempre la leva come prima, perchè IF, kF determinate dalle perpendicolari i l, k h restano sempre uguali. Colla stessa macchina facendo passare il filo HK per la rotella K, si darà al peso, che abbassa il punto H una direzione obliqua; la quale come dimostra la sperienza diminuirà sempre la forza del peso D. Siccome la riga IK scorre per l'apertura MI fatta nella tavola, potrà questa slungarsi, e dare al peso D una maggiore obliquità di direzione.

706. Quello che abbiamo detto delle direzioni oblique per riguardo alla potenza, e resistenza, si può ancora applicare a due sostegni A, C, che obliquamente sostengono il peso B attaccato alla leva AC. Se questa fosse nella situazione orizzontale m n il peso B attaccato nel mezzo a, graviterebbe per la linea Ba; ma siccome la leva AC è storta, così il peso B gravita per la linea Bc perpendicolare all'orizzonte mn; onde si avvicina più al punto A, che al punto C. Perciò il sostegno A più basso sostiene maggior porzione di peso, che il sostegno C. Accade però il contrario, se il peso B sta attaccato alla leva nel suo mezzo a dalla parte di sotto. In tal caso il sostegno più alto C regge maggior porzione di peso, perchè B a perpendicolare alla leva AC non è più perpendicolare alla orizzontale mn, perchè il peso B è attaccato alla leva; ma gravita per la linea Bc perpendicolare alla m n, e perciò si accosta al sostegno C. Questo non accaderebbe, se il peso B fosse sospeso con una corda liberamente dal punto a. Quello che si è detto di due sostegni, s'applica facilmente a due uomini AB, che colla stanga ACB portino il peso D; se amendue saranno della stessa altezza, e cammineranno per un piano, sostenteranno peso uguale, quando questo sia nel mezzo, ma se vanno per una salita, o per una discesa, oppure uno è più alto dell'altro, allora se il peso D sarà attaccato alla leva coll'uncino C, avremo il caso della fig. 3.4.

707. Abbiamo inoltre un caso particolare, in cui i sostegni sono obbli-

obliquamente posti, come quando s'appoggia la scala BA a due sostegni A, B, e il peso non sta sempre nello stesso punto, come l'uomo O, che sale col peso sulle spalle: in tal caso quantunque sul principio sia più aggravato dal peso dell'uomo il punto B, che A §. 705., ciò non ostante quanto più sale l'uomo, più s'aggrava il punto A. Ciò è degno da osservarsi, perchè sovente l'appoggio A, che sul principio del salire pare sufficiente a reggere, nel progresso manca d'improvviso con pericolo degli operaj.

Tav. 17.  
Fig. 6.

708. Meritamente ci siamo tratti a lungo ad esaminare la forza della leva, perchè da questa dipendono tutte l'altre macchine semplici, e ad essa si riducono agevolmente. Per mezzo di queste si formano i palchi nelle fabbriche, e si concepisce bene il contrasto, e la forza, che fanno le travi una nell'altra inserita per reggere i tetti delle case. Di ciò bene discorre il Wallis volume I dell' Opere sue, *Mechanicorum* parte 3. cap. 6.

*La Bilancia, e la Stadera.*

709. **L**A Bilancia è un' asta di metallo ACB sospesa nel suo punto di mezzo, dalle cui estremità pendono due scodelle di metallo, che servono per pesare i corpi. L'asta ACB si dice *Giogo*, CA, CB le *Braccia*, le scodelle appese si chiamano *Lanci*, quindi Bilancia significa il composto di due lanci. La doppia lastra CFI, che tiene sospesa la bilancia, si chiama *Truina*, la sottile punta di ferro CI, che sta in mezzo al giogo ACB fissata si dice *Ago*, *Linguetta*, o *Esame*; perchè per mezzo d'essa s'esplore se la bilancia sta in equilibrio. Per concepire la sua costruzione è necessario notare i due casi seguenti.

Tav. 14.  
Fig. 10.

710. *Primo caso.* Sia l'asta AB, della stessa grossezza, e dal punto di mezzo C, che è il suo centro di gravità resti sospesa; attacca-  
si due pesi uguali d, e, alle due estremità, dico che comunque si ponga starà quieta. Si smuova dal suo sito orizzontale a b, come nella figura; il peso d gravita per la linea df, e il peso e, per la linea eBg perpendicolari all'orizzonte a b, quasi che fossero sospesi da' punti f, g. Ne' triangoli AfC, BgC; l'angolo ACf = BCG, perchè sono al vertice, l'angolo AfC = BgC perchè retti; il lato AC = BC per la costruzione; dunque fC = gC per la Geometria; perciò i pesi e, d

Tav. 14.  
Fig. 8.

M m 2

uguali

uguali saranno ancora in questa positura equilibrati; e perciò l'asta non si moverà. Come dovea dimostrare.

Tav. 14.  
Fig. 9.

711. Sia l'asta  $AB$  come prima, e sia il centro di gravità, e si sospenda dal punto  $C$  nella stessa linea del centro di gravità, ma un poco più alto; dico che storcendosi l'asta, come in figura, tornerà di nuovo nel sito orizzontale  $ab$ . Perchè storcendosi l'asta  $AB$ , il centro di sospensione  $C$ , calata la perpendicolare  $CG$  alla orizzontale  $ab$ , si truova in  $G$ ; ma il centro di gravità non operando più per la linea  $CcK$ , ma per  $cC$  perpendicolare alla  $ab$ , e parallela alla  $CG$ , si troverà in  $c$ . Dunque  $gG$  essendo maggiore di  $fG$ , traboccherà la Bilancia dalla parte  $CB$ , finchè i punti  $C$ , e di sospensione, e di gravità siano nella stessa linea perpendicolare all'orizzonte  $ab$ , come dovea dimostrare. Lo stesso accaderà, se il centro di sospensione si prenda sotto quello di gravità  $c$ . Dunque se il centro di sospensione, e di gravità d'una bilancia sono lo stesso, questa comunque situata si ferma; se sono diversi si muove. Quindi abbiamo il metodo di conoscere, se una bilancia è costruita nel primo modo, o nel secondo. Ciò posto ecco il metodo di formare un' esatta Bilancia.

Tav. 14.  
Fig. 10.

712. *Costruzione della Bilancia.* Si faccia un' asta di ferro, o d'ottone liscia, non tanto pesante, che aggravi la bilancia, e la renda tarda al moto, nè tanto sottile, che dovendone far uso per pesare corpi grossi, si pieghi. Sia questa asta  $ACB$  omogenea, cioè in tutte le sue parti ugualmente densa, e grossa. Si divida in mezzo nel punto  $C$ , farà questo il suo centro di gravità. Sopra d'esso s'attacchi la linguetta  $CI$  perpendicolare all'asta, e sottile, che termini in punta. Dal centro di gravità, o pure un poco più sopra, o di sotto escano dall'una e l'altra parte dell'asta due assi di metallo sottili, tondi, e ben levigati. Sotto il mezzo dell'asta in  $H$  s'attacchi un pezzo di metallo sottile, che pesi quanto la linguetta  $CI$ , acciocchè levandosi la Bilancia dal sito orizzontale, per esempio innalzandosi dalla parte  $B$  la linguetta  $CI$ , che trabocca verso il braccio  $CA$  aggravandolo, il pezzo di metallo  $H$  aggravi ugualmente il braccio  $CB$  §. 705. La *Trutina*  $CFI$  abbia due sottili buchi, e levigati, dentro i quali s'inseriscano gli assi, che escano dall'asta nel suo punto di mezzo; così la Bilancia sarà mobile intorno a' medesimi. Sospesa dal punto  $I$ , s'esami, se il braccio  $AC$ , equilibra il braccio  $BC$ . Poste amendue le braccia in equilibrio, si facciano i due forami  $A$ ,  $B$ , che siano nella stessa linea orizzontale col centro di gravità  $C$ . Quindi s'attacchino i due uncini, colle

colle corde, e le scodelle, che siano esattamente dello stesso peso. Sarà così formata un'esatta Bilancia.

713. E' la Bilancia una leva di primo genere, dove il sostegno è in mezzo nel punto di sospensione; un peso fa le veci di potenza, e l'altro di resistenza. Onde quello che s'è detto della leva prima, si può applicare ancora alla bilancia.

714. Dalla maniera di costruire la Bilancia si ricava il modo d'esaminare, se questa sia esatta, o no. Bene spesso sono fallaci le Bilance per l'incuria degli Artefici, che non vogliono soggettarla a tutte le cautele necessarie per esse; e credono comunemente, che basti equilibrare tutta la bilancia, quando è già formata. Onde accade sovente, che il braccio per esempio CB sarà più corto di CA, e perciò la Bilancia prepondererà dalla parte AC; per ridurla in equilibrio, consumano colla lima la scodella in A, finchè stia in equilibrio col piatto in B. Per conoscere questo difetto della Bilancia, basta mutare il sito della merce, e del peso, se prima la merce s'era posta in B, e il contrapeso in A, e stavano in equilibrio, si metta la merce in A, e il contrapeso in B, lo perderanno, quando la bilancia è viziosa; perchè essendo il braccio CA più lungo di CB, la merce passata in A, acquisterà più momento di prima, e perciò non starà più in equilibrio col peso.

715. Sogliono ancora i cattivi mercadanti usare un altro artificio per ingannare nel peso. Quantunque la Bilancia sia esatta, ciò non ostante pongono un contrapeso maggiore del peso della merce, e poi alzano velocemente la bilancia dal piano orizzontale, in tal forma dimostra un esattissimo equilibrio. Perchè la velocità dell'alzare, fa che gli assi si comprimano contro i buchi della *Trasfina*, e la bilancia resti orizzontale; onde apparisce la merce di maggior peso di quello che è realmente. Per evitare quest'inganno, basta alzare adagio la bilancia, che deve essere situata in un piano orizzontale.

716. Possiamo ancora con una Bilancia fallace determinare il vero peso d'una mercanzia. Si metta questa in A, e il suo contrapeso in B, che sia per esempio lib. 2. si trasporti la merce in B, e supponiamo, che in A si ricerchi un peso di lib. 8. per fare equilibrio con essa. Moltiplicati i due pesi 2, 8, dal prodotto 16 estratta la radice quadrata, che è 4, farà questa il vero peso della merce.

717. Imperocchè chiamato  $m$  il braccio AC;  $n$  il braccio BC;  $x$  il vero peso della merce;  $A$  il peso primo,  $B$  il secondo; per la dottrina della leva, o per lo teorema fondamentale della Stati-

ca,

ca, quando la merce sta in B, e il contrapeso in A avremo questa proporzione;  $A : x :: n : m$ ; ponendo la merce in A, e il contrapeso in B, farà  $x : B :: n : m$ ; dunque per l'egualianza delle ragioni alla terza  $n : m$ , farà ancora  $A : x :: x : B$ ; e perciò  $x^2 = A \times B$ , onde  $x = \sqrt{A \times B}$ . Come dovea dimostrare.

718. La Bilancia è il più sicuro stromento nel commercio civile, per esplorare il peso delle diverse materie, sopra le quali cade il traffico de' mercadanti; perchè è facile scoprirne gl'inganni. Con questa però in fisica non possiamo esser sicuri del vero peso de' corpi §. 602. se non situiamo la bilancia nel voto. Di questa hanno parlato esattamente Giacomo Leupold nel Teatro delle Macchine, stampato al 1725. nella Statica par. 1.; Leutmanno nel to. 2. dell' Accad. di Pietroburgo, e Desaguliers nella prima parte della Filosofia sperimentale.

719. La *Stadera* è di due forti *Romana*, o *Geometrica*, e *Stadera Empirica*, o *Comune*. La *Stadera Romana* così si costruisce. Formata un' asta DH dello stesso metallo, ma che vada affortigliandosi da C verso H. Si prenda verso D un punto ad arbitrio, per esempio C, sopra il quale s'attacchi la linguetta mB, e da una parte, e dall'altra escano fuori due sottili assi levigati, perpendicolari all' asta DH nel punto C. Questi s'inseriscano dentro i forami della *Trunnina* CB, la quale s'attacca all'uncino E. Il peso R detto il *Romano* si scelga di mezza, o una libbra; dipoi attaccato al punto D lontano per esempio un pollice dal punto di sospensione C l'uncino DR, a cui s'attacca alle volte una padella, come quella della bilancia; si metta in equilibrio l'uncino, il braccio DC, e la padella, coll' altro braccio CH, e il contrapeso R, il quale debba stare per esempio in a, per fare questo equilibrio. Quindi s'attacchi all'uncino R, o pure si metta nella padella, il peso d' una libbra, e si discosti il contrapeso R dal punto C, per esempio in b, finchè sia in equilibrio con una libbra. Ponete nella padella due libbre, e scostate il contrapeso dal punto C, per esempio in c, finchè s'equilibri con due libbre, notando sempre sul *giogo* CH questi punti diversi d' una libbra, di due, di tre nel punto d, di 4 nel punto e, ec. sempre dividendo l' asta CH collo stesso metodo fino al fine. In questa forma farà costruita la *Stadera* detta *Romana*. Lo stesso metodo serve per formare la *Stadera empirica* ACDGB, all'uncino H della quale è attaccato il piatto L, dentro il quale si pongono le merci da pesare. E' più facile della prima, perchè il braccio CB è tutto della stessa

gros-

Tav. 17.  
Fig. 7.

Tav. 14.  
Fig. 11.

grosſezza; onde ridotte le braccia in equilibrio, e trovato il primo punto M, dove poſto il Romano R fa equilibrio col peſo d'una libbra, gli altri punti N, I ec. ſi trovano ſenz'altra pruova, facendo MN uguale alla MF, così ancora NI ec. dividendo in ſomma il braccio FB in tante parti tutte uguali alla MF; detratta però da eſſa quella piccola diſtanza, a cui ſi mette il peſo R dal punto F, per far l'equilibrio delle braccia.

720. Dalla coſtruzione della Stadera ſi ricava facilmente, che anch'eſſa è una leva di primo genere. Perciò il peſo R quantunque di mezza libbra, fa equilibrio con 10, 20, 30 libbre, e ancora di più, ſe il braccio CB è più lungo, perchè ſempre ſi va diſcoſtando dal centro C di ſoſpensione, che fa le veci di ſoſtegno. Quindi naſce l'uſo ſingolare della Stadera per potere con un piccolo peſo equilibrarne ſenſibili. E' però condannabile queſto ſtromento, e dovrebbe eſcluderſi dal commercio civile, perchè i venditori, che vogliono ingannare, facilmente poſſono farlo, ed è molto difficile il diſtinguere toſto l'inganno, e il correggerlo, come apparisce dal metodo di coſtruirlo.

721. Col beneficio però della Stadera, quando le merci ſono di poco valore per libbra, poſſiamo peſare in un momento molta quantità delle ſteſſe. Per eſempio carri interi di fieno, di paglia ec. In queſto caſo fatta una foſſa ſul terreno, tanto lunga, quanto è un carro, ſopra d'eſſa ſi pone un groſſo, e forte tavolato ſoſpeſo ne' quattro ſuoi lati da quattro catene, le quali ſ'attaccano all'eſtremità d'una groſſa trave, che ſta ſoſpeſa in alto orizzontalmente, a guiſa del giogo d'una Stadera. Scorre per queſta trave un groſſo ſaſſo che fa le veci di Romano. Non fa d'uopo in queſta groſſa Stadera di mettere in equilibrio il braccio più lungo col tavolato; che fa le veci di padella. Sopra queſto tavolato ſi fanno prima paſſare i buoi, tenendo il ſaſſo lontano dal punto di ſoſpensione, acciocchè non trabocchi il tavolato; quando i buoi, ſeguitando il loro cammino, eſcono fuori del tavolato, ſi truova il carro ſopra di eſſo, e ſolo gravita contro il braccio più lungo; allora ſ'accolla il ſaſſo al centro di ſoſpensione, finochè moſtri il tavolato di ſcendere. In queſta maniera ſogliono in alcuni luoghi peſare interi cari di fieno, o paglia con ſomma facilità, ſenza far uſcire il carro dal ſuo cammino.

722. Sogliono in alcuni luoghi particolari adoperare una compendioſa Stadera, che in queſto modo ſi forma. Dentro il cilindro di me-

Tav. 14.  
Fig. 12.

metallo ACBD, che ha il fondo CnB fisso, e il coperchio AD si ferma con vite, chiudono il bastoncino EFG d'ottone, all'estremità del quale G è attaccata una rotella d'ottone uguale al fondo CnB, e la molla d'orologio abcdeG, che vada un poco forzata. Questa appoggiando su la rotella in G, la tiene compressa al fondo CnB, e così il bastone FG sta tutto dentro il cilindro. Presa la Stadera in E, s'attacca all'uncino m il peso d'una libbra, che tirando giù la base CnB, fa che la rotella in G un poco si sollevi dal fondo CnB, ma non può farlo interamente, perchè la molla abcde la respinge contro esso, quindi il bastone EG esce un poco fuori, per esempio in F; si nota questo punto su d'esso; così attaccati successivamente all'uncino m, i pesi di 2, 3, 4, 5 ec. libbre, uscendo sempre più il bastone EG fuori dello stucchio; si notano in esso tutti questi altri punti; finchè attaccandoci un peso assai grosso la rotella G comprimendo tutta la molla arriva in AD. Ecco formata la Stadera comoda da trasportarsi, potendosi fare mezzo palmo lunga, e ciò non ostante pesarsi con essa grossissimi pesi, purchè la molla sia gagliarda. Ad un solo incomodo è soggetta, cioè ad arruginirsi la molla, e diminuire con ciò la sua forza elastica, nelqual caso non serve più la divisione delle libbre fatte sul bastone EFG.

### DELL' ASSE NELLA RUOTA.

Tav. 15.  
Fig. 1.

723. **L'** *Asse nella Ruota* detto da' Latini *Axis in Peritrochio* dalla Greca voce *Perytrochion*, che significa ruota, non è altro, che un cilindro di legno M sopra i sostegni G, H, a cui è applicata la ruota AD. Per concepire l'azione di questa terza macchina semplice basta il riflettere lo spazio percorso dalla resistenza, e dalla potenza per la prop. 18. Siano nella ruota, per facilmente voltarla, applicati i bastoni A, D chiamati *Scyrala* da Latini. Il moto del Cilindro si fa intorno il suo asse, o linea di mezzo FmE; dunque se la potenza s'applichi in A, descriverà questa un circolo, il cui raggio è la linea AC, ovvero il semidiametro della ruota; la resistenza I sta attaccata alla fune LMN, la quale fa una girata intorno al cilindro M, nel tempo che la ruota AD si gira una volta intorno a se stessa; onde lo spazio descritto dalla resistenza sarà una rivoltata di corda intorno al cilindro, cioè una periferia di cerchio, il cui raggio è il semidiametro mn del cilindro, a cui s'aggiunga la grossezza della corda,  
se

se questa non è piccola. Perciò essendo per la Geometria le periferie; come i raggi; lo spazio descritto dalla potenza s'esprimerà per lo raggio AC della ruota, e dell'asse; quello della resistenza per lo raggio solo mn dell'asse. Onde in questa macchina allora si darà l'equilibrio, quando farà la potenza, alla resistenza, come il raggio dell'asse a quello della ruota, e dell'asse.

724. Determinato l'equilibrio, non è difficile con piccola forza superare la resistenza, e così innalzare, o strascinare il peso. Ciò si può fare slungando i bastoni A, D conficcati nella ruota, o diminuendo la grossezza del cilindro M, secondo che viene più in acconcio. E' necessario fare, che la potenza più del doppio superi col suo momento la resistenza, non solamente per tutte l'altre ragioni di resistere, che vi sono nel costruire le macchine, come lo strofinamento delle loro parti; ma ancora perchè ravvolgendosi la corda intorno al cilindro, va questo ingrossandosi, e perciò si fa sempre maggiore lo spazio della resistenza, quando la fune, che è lunga, incavalca una girata sopra l'altra.

725. Si può ridurre ancora l'asse nella ruota alla leva; non essendo altro una ruota, che un composto di varie leve, che si succedono una all'altra; perchè la ruota non è altro, che l'aggregato degli infiniti suoi diametri. E per concepirlo, sia la ruota BEF, il cilindro, su cui si gira, viene rappresentato dal cerchio DK, stando il peso I pendente dal punto D, se la potenza s'applichi in B, tirata DOB, avremo la leva DOB, il di cui punto d'appoggio è il centro O della ruota. Dunque allora vi farà equilibrio, quando  $B : I :: DO : OB$ , per la dottrina della leva. La potenza Babbassi la ruota per la tangente BN, siccome le parti della ruota sono connesse insieme, così alla prima leva DOB succederà la leva HOE; onde apparisce, che la ruota è una leva continuata; e siccome l'asse nella ruota si può ridurre al vette di primo genere, nel quale il sostegno è l'asse del cilindro, intorno a cui si fa il moto; così in questa macchina l'asse del cilindro è un sostegno continuato. Quindi nella presente macchina avrà luogo ciò che abbiamo detto della leva; quando la potenza muove la ruota, deve farlo per le tangenti ad essa BN, PE non mai obliquamente per BG, allora la sua distanza dal punto d'appoggio non sarebbe più BO, ma la perpendicolare OM.

726. In vece della ruota pongono alcuni sopra l'asse AB un altro timpano DM, dentro il quale camminando un uomo, o per dirme-

Tav. 15.  
Fig. 2.

Tav. 18.  
Fig. 1.

glio sforzandosi di camminare, volterà il timpano DM, e questo moverà il peso C. Si servono di questa macchina detta *Geranio* a Pisa per trasportare le barche dalla fossa di Livorno, nel fiume Arno, come la figura, abbastanza dimostra.

Tav. 15.  
Fig. 3.

727. Per concepire in quest' asse col timpano lo spazio descritto dalla potenza, sia l' asse del timpano espresso per la linea DHa, e dalla corda DI prenda il peso I; l' uomo cammini nella cavità mnr, e sforzandosi di salire da m in n, e da questo in r, rivolti il timpano, e perciò faccia rivoltare la corda DI intorno all' asse. Quando l' uomo sta in m, per lo proprio peso gravita perpendicolarmente secondo la linea am; onde è lo stesso, come se fosse sospeso, dal punto a, e perciò è ugualmente distante dal centro O, che il peso I; quindi sentendosi l' uomo trasportato dal peso secondo la direzione m, n, r, B, si sente obbligato di camminare avanti, da m in n, da n, in r per acquistar forza, e contrastare col peso, perchè nel punto n, è lo stesso, che fosse sospeso dal punto b, e nel punto r dal punto c; e perciò sempre più lontano dal centro O. Dunque sarà sempre necessitato di rivoltare la ruota, non solo spingendo co' piedi, ma ancora colle mani.

Tav. 15.  
Fig. 4. 5.

728. L' asse nella ruota si può disporre in due maniere, o parallelo, o perpendicolare; se è parallelo all' orizzonte come ACB, AEB si chiama *bulghero*, *oburbura*; sogliono in essa adoperare in vece della ruota i bastoni ab, dc immediatamente conficcati nell' asse per mezzo de' quali voltano l' asse, che s' appoggia sopra i sostegni G, F, e così innalzano il peso H. Più comodo però in vece de' bastoni è l' uso del manico DCA, DCB, perchè con esso si volta l' asse continuamente, e senza interrompere il moto. Adoperando questo è d' avvertire, che lo spazio percorso dalla potenza s' esprime colla distanza AC, ovvero BC. Onde se questa si allunga, s' accrescerà ancora la potenza; niente però influisce la lunghezza DC, che è solamente fatta per comodità della mano.

Tav. 15.  
Fig. 6.

729. Se l' asse ACB è perpendicolare all' Orizzonte, allora si chiama *Argano*; di questo sogliamo per lo più servirci per trasportare i pesi come nella figura è espresso. Serve ancora come il bulghero per innalzarli; ma in tal caso la corda Dm ha da passare per qualche rotella conficcata nel muro, acciocchè se le dia la giusta direzione. Per trasportare il peso H è necessario non solo conficcare i bastoni a b, c d assai lunghi nell' asse, ma ancora fissare in terra il sostegno dell'

dell'argano; perchè altrimenti non il peso verso l'argano, ma questo verso quello andrebbe. Di più siccome l'urto del peso col piano sarebbe sensibilissimo, e insuperabile, conviene sotto il peso andare successivamente collocando i bastoni ingrassati nm; in questa maniera s'evita ogni strofinamento del peso col piano.

DELLE TAGLIE, O CARRUCCOLE.

730. **L**E Taglie dette da'latini *Trocleæ* altro non sono, che ruote incavate nella periferia, acciocchè per questo incavo possa passare una corda, come apparisce nella ruota b, che sta dentro la cassa dC, e si raggira intorno al centro b, passando per essa la corda PBA. Se vi è pericolo, che la corda possa scorrere per la carrucola, s'incava il canale della sua periferia non rotondo, ma acuminato; o pure si conficcano in esso sottili punte di ferro, che trattengono la corda acciocchè non iscorra. L'asse b, intorno al quale gira la ruota deve essere molto bene levigato, e di materia diversa da essa, perchè la pratica ha insegnato, che più facilmente il ferro consuma il ferro, che un altro metallo. Le carruccole si fanno o di legno, o di metallo.

Tav. 15:  
Fig. 7.

731. Per determinare l'equilibrio in questa quarta macchina semplice meccanica è necessario considerare lo spazio percorso dalla potenza, e quello della resistenza. Se avremo una sola carrucola, questa non accresce la potenza di natura sua; perchè se la mano P s'abbassa un palmo, altrettanto s'alza il peso A; e perciò amendue gli spazj sono uguali. Serve però per un doppio comodo a sollevare i pesi; in primo luogo agevola il moto della mano, che facilmente si fa all'ingiù; con grande incomodo si farebbe, se il peso A dovesse alzarfi con una semplice corda da terra. In secondo luogo agevola la potenza dell'uomo. Se dovessimo da terra innalzare un peso, non solo converrebbe alzar questo, ma inoltre il peso delle proprie braccia per mezzo della forza de'nostri muscoli; per lo contrario adoperando una taglia non solamente non alziamo il peso delle braccia; ma di più questo ajuta la forza muscolare ad innalzare il peso. Ecco in qual maniera una sola taglia non di natura propria, ma accidentalmente ajuta la potenza, la quale in questo caso non è un peso, ma la forza de' muscoli umani.

732. Quando sono più taglie la *regola* per determinare spedita-

tamente l'equilibrio è questa. *La Taglia, che si muove col peso, accresce la potenza del doppio, quella che sta in isforzo di muoversi accresce una volta la potenza, l'immobile non la muta.*

Tav. 15. Fig. 8. 733. Per concepire questa regola, che è più generale e sicura delle altre comunemente esposte da Meccanici, basta il farne l'applicazione a casi diversi. Siano due taglie B, C, ligata la corda al chiodo F, si faccia passare per la taglia mobile DI, e per la immobile C, la forza P si raddoppia. Perchè ad innalzare il peso M un palmo, è necessario che la mano P abbassandosi, tiri a se i due palmi di fune DF, IC; dunque lo spazio descritto dalla potenza è doppio di quello della resistenza, e perciò la potenza cresce del doppio. Onde la taglia mobile D raddoppia la potenza.

Tav. 15. Fig. 9. 734. Siano tre taglie A, B, C, per le quali passi la corda cbBDFCHGEIAP. Acciocchè il peso M s'alzi per un palmo, bisogna, che la mano P abbassandosi tiri tre palmi, o tre pezzi di fune BC, bc, IH; perciò la potenza diventa tripla. La taglia mobile è solamente CH, ma la taglia Bb quantunque immobile; ciò non ostante, per la disposizione data alla fune, si sforza di muoversi, perchè il peso M alzandosi è smosso dalla fune dal suo sito perpendicolare, al quale però ritorna per lo proprio peso, e ritornando imprime alla taglia Bb uno sforzo a muoversi; non essendo la fune cbB applicata al centro della ruota Bb, ma alla sua periferia in B, b. Dunque la potenza diventa 2 per la taglia mobile CH, ed 1 per la taglia Bb, che si sforza a muoversi; onde la potenza diventerà 3.

Tav. 15. Fig. 10. 735. Siano quattro taglie A, B, D, C, le due prime immobili, le due seconde mobili; secondo la regola, deve la potenza per la taglia prima mobile D diventar 2, ma ancora per la seconda C diviene 2; dunque per tutte due le taglie diventerà 4. La taglia B non si sforza a muoversi, perchè qualunque moto imprime alla corda il peso M, questa tira la taglia B per lo suo centro, cui è attaccata, e perciò non la smuove dal sito naturale, che gli dà la propria gravità per iscendere a terra. Di fatto acciocchè il peso M s'innalzi un palmo, deve il peso P tirarne a se scendendo 4 palmi di corda; dunque il peso P, che fa da potenza, descrive 4 volte più spazio della resistenza M. Le taglie di mezzo B, D si facciano più piccole delle altre, perchè la fune non s'imbrogli, os'urti nel muoversi.

736. Siano

736. Siano sei taglie disposte come si vede in figura, cosicchè ogni taglia abbia la sua corda attaccata agli uncini fissi o, l, f, a ec. e agli altri uncini delle taglie n, h, d, t. Le taglie mobili sonocinque solamente, perchè q è immobile. Dunque secondo la regola, per la taglia p diviene la forza P doppia, cioè 2; per la taglia m, la forza 2 si raddoppia e viene 4; per la taglia g la forza 4 si raddoppia, e viene 8; per la taglia c la forza 8 viene 16; e per la taglia della resistenza, la forza 16 diviene 32; onde il peso P d'una libbra farà equilibrio con, M quantunque sia di 32. La taglia q sebbene in q sia smossa dal peso M, ciò non ostante non si reputa essere in isforzo di muoversi, perchè viene rispinta in contrario dal peso P; essendole immediatamente unita la potenza.

Tav. 16.  
Fig. 1.

737. Quindi si ricava la necessità di saper ben disporre le taglie, e le funi, dal che proviene molto l'accrescimento della potenza. In molte maniere si possono disporre le taglie, il che dipende dall'ingegno degli uomini. La regola da noi data coll'applicazione è sufficiente in pratica per non errare. Una macchina composta di più taglie si dice comunemente da' Meccanici Polispasto.

### DELLE RUOTE DENTATE.

738. **N**ON vi è macchina più utile, e compendiosa nella Meccanica delle Ruote Dentate, quando queste siano ben formate dagli artefici. La ruota dentata, che è la quinta macchina semplice meccanica oltre l'asse, sul quale s'aggira, che ha da essere ben levigato, deve inoltre avere i denti non quadri come nella fig. 2., ma curvilinei come nella fig. 3. sono dipinti. La spe-rienza ha ciò insegnato, perchè avendo sul principio i Meccanici formati i denti angolari delle ruote, nel primo adoperare la macchina provavano una considerabile resistenza, la quale col lungo uso della macchina svanendo, s'accorsero, che i denti s'erano uno coll'altro corrosi, avendo acquistato una figura curvilinea. Oloa Roemero per mezzo della Geometria più sublime dimostrò il primo nelle Memorie e dell'Accad. Reale di Parigi che la figura de' denti esser deve *epicicloideale*, acciocchè uno spinga l'altro senza urtarsi; lo stesso conferma nelle Memorie di Matematica, e Fisica Filippo de la Hire.

Tav. 16.  
Fig. 2. 3.

739. Determinata la figura, che devono avere i denti delle ruote,

te,

te, è necessario stabilire il modo di determinare il loro numero. Siccome una ruota deve muovere l'altra, così è necessario, che tutti i denti siano uguali tra loro; come ancora gli spazj, che sono tra l'uno e l'altro, acciocchè possano muoversi agevolmente. Il numero de' denti nella prima ruota è arbitrario; con questa sola differenza, che se cominciate a dividere la ruota, dove s'applica la potenza, questa deve essere più piccola, che si puole, e il numero de' denti minori, che si può fare; per lo contrario la ruota del peso deve esser più grande, che si può, come ancora il suo numero. Determinato il numero di quei della prima, o ultima ruota, facilmente si stabilisce quello delle altre. Per la Geometria sono i diametri de' cerchi, come le loro periferie. Dunque se il diametro della prima ruota sia 5 pollici, e i denti in essa scolpiti 80, e perciò tutta la ruota sia divisa in 120 parti, comprendendo i denti, e gli spazj, che sono tra uno, e l'altro; se la seconda ruota abbia 12 pollici di diametro, si faccia questa proporzione  $5 : 12 :: 120 : x$ , ed essendo  $x = 288$  per la regola del tre, dovremo dividere la ruota seconda in 288 parti uguali, onde levando i voti, che ci sono tra un dente, e l'altro, faranno nella seconda ruota, denti 144.

740. Per determinare l'equilibrio nelle macchine composte di ruote dentate questa è la regola. *La Resistenza sta alla potenza, come il prodotto del numero de' denti di tutte le ruote, al prodotto de' denti di tutti gli assi delle medesime.*

741. Supponiamo, che nella ruota E siano venticinque denti, al suo asse AR sia attaccato il peso P, che nel girare la ruota, rivolgendosi la corda AP intorno ad esso innalzi il peso. Nella ruota piccola D, che si chiama asse, siano cinque denti; è manifesto, che mentre la ruota E gira una volta intorno a se stessa, l'asse D, ove sono cinque soli denti, deve girare cinque volte; perchè 5 in 25 tante volte entra. Dunque se l'asse AR farà uguale all'asse D, il che bisogna attentamente notare, la potenza D farà cinque volte più spazio del peso P. Dunque la resistenza starà alla potenza, come il numero de' denti nella ruota E al numero de' denti nella ruota D, oppure, ciò che è lo stesso, come il diametro della ruota E al diametro dell'asse D. Supponiamo, che a quest'asse D fosse attaccata la ruota MN, e la potenza I per mezzo della corda IM fosse applicata in M: se il diametro della ruota MN è quattro volte maggiore di

Tav. 16.  
Fig. 2.

di quello dell'asse D. La potenza diverrà quattro volte maggiore di prima, onde applicata in D essendo 5, posta in M, sarà 20.

742. Siano tre ruote N, N, O, che abbiano i loro assi CB, F, H uguali. Nella ruota M siano 100 denti, e al suo asse sia attaccato il peso P. Nell'asse F siano 10 denti; la potenza applicata in F diverrà 10 volte maggiore. Nella ruota N siano 100 denti, nell'asse H. 10, se applichiamo la potenza all'asse H, diverrà 10 volte maggiore. Collo stesso metodo se in O ci siano 100 denti, e questa ruota si mova coll'asse AEDC applicato in R, la potenza diverrà ancora 10 volte più grande; onde essendo prima 100 diverrà ora 1000 volte maggiore di quello, che era. Quindi nasce la regola; perchè essendo tre ruote M, N, O di 100 denti l'una; il prodotto  $100 \times 100 \times 100 = 1000000$ ; essendo tre gli assi con 10 denti l'uno, sarà  $10 \times 10 \times 10 = 1000$ , perciò la resistenza starà alla potenza come  $1000000 : 1000$ ; cioè come  $1000 : 1$ ; così appunto abbiamo ritrovato per mezzo delle dimostrazioni, onde apparisce la verità della regola data §. 740.

743. Questa macchina detta da Simone Stevino nel libro 3. della Statica proposizione 10 il Pancrazio, che noi abbiamo delineato in piano, si vede rappresentata colle stesse lettere in solido nella fig. 5. ove meglio si può distinguere la connessione delle ruote cogli assi. Facendo il manico CD più lungo s'accrescerà ancora di più la forza della potenza, secondo la ragione, che ha la lunghezza CD al semidiametro dell'asse A; onde se CD sarà 4 volte maggiore del raggio di A, la forza, che in A era 1000, applicata in D sarà 4000. Perciò col beneficio di tre ruote M, N, O, e di tre assi dentati E, H, A, e del manubrio CD, la forza d'una libbra s'equilibrerà col peso P di libbre 4000. Collo stesso metodo formando un Pancrazio con 4 ruote, e 4 assi la potenza diverrà 40000, con 5 ruote 400000, con 6 ruote 4000000. Onde col peso d'una libbra potranno equilibrarsi quattro milioni di libbre; dal che si ricava la somma utilità nelle Meccaniche delle ruote dentate, le quali occupando un piccolissimo sito, accrescono maravigliosamente la forza della potenza.

## D E L L A V I T E .

744. **L**A Vite è un cilindro di legno, o di metallo, intorno al quale sono fatte varie spire, come il cilindro CD. Intorno a questo si raggira l'altro pezzo di legno AB, che ha le spire incavate per poter ricevere quelle, che sono prominenti nel cilindro CD. Il pezzo di legno AB si chiama la madre vite; il cilindro CD il maschio. Per mezzo della vite si formano varj stromenti d'uso, per comprimere i corpi detti torchi, come nella fig. 7., per innalzar pesi, come nella fig. 8. per trasportarli ec.

Tav. 16.  
Fig. 6.

745. Per concepire l'equilibrio in questa festa macchina Meccanica semplice conviene riflettere, che mentre la potenza applicata in B gira una volta il legno BA, e per conseguenza descrive un cerchio, il cui raggio è BA, scende un panno o spira della vite. Onde la potenza starà alla resistenza, come a b, che è la distanza di due panni della vite, alla distanza BA. Quindi quando più stretti sono i panni della vite, e più lungo è il legno BA, tanto maggior forza acquisterà la potenza.

Tav. 16.  
Fig. 6.

746. Da ciò si conosce la ragione, per la quale hanno tanta forza i torchi come CD, CD; e le morze degli artefici per comprimere i corpi. Varj fogli di carta stretti con un torchio da' librai, qualunque fragili di natura, sono ciò non ostante nel torchio della stessa durezza d'un legno. Possiamo inoltre colla vite CD, e colla madre vite incavata nella tavola E, che ha sotto quattro rotelle per camminare facilmente, innalzare pesi grandissimi con somma facilità, facendo lunghi i bastoni AE, B, dove si applica la potenza.

Tav. 16.  
Fig. 8.

Tav. 16.  
Fig. 7.

747. Per mezzo di molte viti sottoposte con particolare artificio a quattro muri del campanile della Chiesa di S. Lorenzo a Rotterdam, Geremia Lersoni l'innalzò molti palmi da terra per rifarci i fondamenti; sopra i quali fu poi di nuovo posato diritto, e sano. Un'idea del metodo tenuto da lui la diamo nella fig. 2.; dove si vede sotto il muro E posto il tavolato ED.

Tav. 18.  
Fig. 2.

748. Se s'unisce la vite BD alla ruota F per rivoltarla, questa macchina si chiama vite perpetua; inventore della quale è stato il celebre Archimede. Per concepire in essa l'equilibrio la mano applicata in C, mentre fa una girata, ovvero un cerchio, il cui raggio è CB, un sol dente della ruota E passa sotto la vite BD. Onde acciocché

Tav. 16.  
Fig. 9.

chè tutta la ruota si giri una volta, e insieme con essa ancora l'asse EH, e con questo il peso P, è necessario, che la mano in C descriva tanti cerchi, o faccia tante girate, quanti sono i denti della ruota. Quindi lo spazio descritto dal peso sarà, come il raggio b a dell'asse, lo spazio descritto dalla potenza sarà, come CB moltiplicato nel numero de' denti. Sia b a pollici 1, CB pollici 12, i denti della ruota 100, sarà la potenza 120 volte maggiore della resistenza. Dal che si deduce il singolare uso della vite perpetua, così detta perchè si gira continuamente.

DEL PIANO INCLINATO, E DEL CUNEO.

749. **S**IA BC un piano orizzontale, o pure parallelo all'orizzonte, e il piano inclinato AB coll'angolo ABC. Calata la perpendicolare AC sopra l'orizzonte CB, si chiama questa l'altezza del piano, la quale, essendo perpendicolare, viene ancora ad esser il seno dell'angolo ABC; la linea AB si chiama la lunghezza del piano, e nel tempo stesso per la Trigonometria è il seno tutto dell'angolo stesso. Si ponga sopra il piano AB il globo M attaccato alla corda MK; se la mano tiene la corda in K, è chiaro, che porzione del peso vien sostenuta dal piano AB, e l'altra dalla mano K. Quindi è, che il piano inclinato è una potenza Meccanica; perchè diminuisce la resistenza. Ma siccome il piano inclinato deve considerarsi non solamente come macchina, ma ancora in esso dobbiamo esaminare il moto de' corpi, così è necessario trattenerci più a lungo sopra di esso.

Tav. 16.  
Fig. 10.

750. Se il piano inclinato AB fosse nella situazione orizzontale CB, tutto il peso M farebbe sostenuto dal piano; si alzi un poco dall'orizzonte CB, la mano in K comincerà a sostenere porzione del peso M, il quale crescerà, più che s'alza il piano AB, ovvero più grande è l'angolo ABC; e minor porzione di peso sostiene il piano declive AB; fino che diventata AB perpendicolare alla BC, la mano sostiene tutto il peso, e niente il piano AB. L'intero peso del corpo M si chiama la sua gravità assoluta; quella parte di peso, che è sostenuta dalla potenza in K si dice la gravità relativa. Con questa il corpo discende per lo piano inclinato, se la potenza lo lascia. La proporzione, che passa tra la gravità assoluta, e la relativa s'esprime colla seguente

## P R O P O S I Z I O N E X I X .

*In qualunque piano inclinato, la gravità assoluta è alla relativa, come la lunghezza del piano alla sua altezza*

Tav. 16.  
Fig. 10.

751. **S**IA il peso  $M$  in qualunque luogo del piano inclinato  $AB$ ; dal suo centro di gravità  $M$  si cali la perpendicolare  $ba$  sopra il piano orizzontale  $CB$ , e dal punto  $a$  si innalzi la perpendicolare  $ac$  sopra il piano inclinato  $AB$ . La gravità assoluta del corpo  $M$  si può esprimere per la linea  $ab$ . Onde per la nota risoluzione delle forze si potrà concepire la gravità assoluta  $ba$  composta dalle due forze  $ac$ ,  $bc$ ; di queste due forze quella espressa per  $ac$  è tutta sostenuta dal piano  $AB$ , perchè  $a$  questo perpendicolare, e perciò direttamente opposta. Dunque la gravità relativa, colla quale il corpo scende per lo piano inclinato sarà espressa colla linea  $bc$ . Perciò la gravità assoluta starà alla relativa, come  $ab : bc$ . Ma il triangolo  $acb$  è simile al triangolo  $ACB$ ; perchè gli angoli  $C$ ,  $c$  sono retti, e l'angolo  $A = b$ ; perchè nelle due parallele  $AC$ ,  $ba$  l'angolo  $cba$  è esterno rispetto all'angolo  $A$ ; dunque per lo lib. 6. d'Euclide sarà  $AB : AC :: ab : bc$ . Dunque la gravità assoluta starà alla relativa, come la lunghezza del piano  $AB$  alla sua altezza  $AC$ . Lo che dovea dimostrare.

Tav. 19.  
Fig. 4.

752. Dunque per avere l'equilibrio tra la resistenza  $K$ , e la potenza  $L$ , deve essere la potenza alla resistenza, come l'altezza del piano  $AC$  alla sua lunghezza  $AB$ . Imperocchè la gravità, che resta al corpo nel piano inclinato, cioè quella, che è sostenuta dalla mano  $L$ , viene espressa dalla perpendicolare  $AC$ ; onde basta, che la potenza tanto vaglia, quanto è questa perpendicolare. Supponiamo, che la potenza  $L$  possa innalzare 50 libbre, e il peso  $K$  sia di 200; essendo queste quattro volte maggiori della potenza, si dovrà inclinare tanto il piano  $AB$ , che diventi quattro volte maggiore della altezza  $AC$ . Così si darà l'equilibrio in qualunque punto del piano si metta il peso  $K$ . Perchè, se per esempio sia in  $E$ , calata la perpendicolare  $EF$  avremo ancora in questo punto  $EF : FP :: AC : CB$  per lo lib. 6. d'Euclide. Onde quanto è minore l'angolo  $ABC$ , tanto a proporzione sarà maggiore la forza della potenza, essendo  $AC$  seno dell'angolo  $ABC$  §. 749. come avevamo supposto nel §. 750.

753. Lo stesso equilibrio de' corpi si può dimostrare per la Prop. 18. fondamentale della Statica. Lo spazio descritto dalla potenza è espresso per la lunghezza AB del piano, perchè tanta corda appunto tira la mano nell'innalzare il peso K. Ma lo spazio, che percorrendo esso, resiste alla potenza, non è la lunghezza AB, ma le altezze diverse EF, AC alle quali s'innalza; perchè il peso resiste per le linee perpendicolari. Dunque essendo queste tutte nella stessa ragione, che le lunghezze diverse EB, AB, §. 752., allora avremo l'equilibrio, quando  $L : K :: AC : AB$ .

754. Da questa ultima macchina semplice Meccanica si ricava la formazione del *Cuneo*, che è un Prisma triangolare FBG, il quale insinuato ne' corpi, serve per superare la loro coerenza. Di questo si servono gli artefici per rompere i marmi, i legni ec. B è la punta, FG si chiama la base. Non è difficile il comprendere; che è composto di due piani inclinati FB, GB. La potenza è il martello, con cui si batte su la base FG per introdurlo ne' corpi; la resistenza è la coerenza delle parti del corpo, che devé aprirsi. Dunque lo spazio descritto dalla potenza, farà l'altezza AB del cuneo, quello descritto dalla resistenza farà la sua base FG §. 753.

Tav. 18.  
Fig. 3.

755. Nell'applicazione di questa macchina tre casi dobbiamo distinguere; I. quando il cuneo comincia a introdursi nel legno; II. quando è già introdotto, e proseguono a separarsi le parti del legno, tanto quanto s'introduce il cuneo; III. quando le parti del legno s'avanzano ad aprirsi prima che la punta del cuneo le arrivi. Nel primo caso si determina l'equilibrio, come abbiamo insegnato nel §. 754.

756. Nel secondo caso però lo spazio descritto dalla resistenza non s'esprime colla base FG, o colla sua metà hG, o colla proporzionale ab, ma per mezzo della linea ac tirata perpendicolare sopra il lato Bb del cuneo. Perchè nell'introdursi, che fa il cuneo aprendosi il legno ugualmente con esso, le parti del legno nell'aprirsi descrivono i cerchi bD, dC intorno al punto B come centro, e perciò si muovono per le tangenti di questi archi, che sono piccoli, e si confondono con essi, ovvero per le linee ac, ae, che essendo perpendicolari a' diametri Bb, Bd, sono ancora parallele alle tangenti predette. Dunque in questo secondo caso per determinare l'equilibrio, tirata hg perpendicolare al lato GB del cuneo, e perciò proporzionale alla ac, farà la potenza alla resistenza; come hg: hB.

Tav. 20.  
Fig. 1.

Tav. 18.  
Fig. 4. 757. Nel terzo caso quando le parti del legno I, H si staccano in N prima, che le arrivi la punta del cuneo B, allora calata la perpendicolare AB dal mezzo della base FG, e tirata da E parallela alla base FG, si tiri sopra il lato del legno EN, il quale in tal caso è diverso dal lato GB del cuneo, la perpendicolare a E, farà questa lo spazio descritto dalla resistenza. Ciò si dimostra come nel caso precedente.

Tav. 18.  
Fig. 3. 758. Dalla determinazione dell'equilibrio nel cuneo si ricava, che in ogni caso, quanto più alto è questo strumento, e più stretta la base FG, o pure l'angolo FBG, tanto maggior forza avrà il cuneo per superare la coerenza de' corpi. Quindi per accrescere la forza del cuneo sogliono farsi i lati FB, GB curvi; perchè l'angolo FBA, ovvero GBA in questo calo è minore di qualunque acuto per lo Lib. 3. d' Euclide, essendo fatto dalla curva FB, e dalla tangente AB.

Tav. 19.  
Fig. 1. 759. *Esperienza.* La macchina, colla quale si dimostra l'equilibrio de' corpi nel piano inclinato è la seguente. La riga di ferro BC mobile intorno al punto F ha nella sua estremità C attaccata una vite incurvata DC, che passa dentro il cilindro FE, e per mezzo delle madreviti m, n si ferma ove si vuole, per elevare più, o meno il piano inclinato BC. Sopra questo scorre liberamente il peso G, e a questo effetto ha in c la rotella mobile; colla quale appoggia sul piano BC. S'attacca il peso, al filo GT, che passa per la taglia T, la quale col braccio TB si pone in B. Dentro il piano P si pongono varj pesi per far l'equilibrio, che fanno le veci di potenza. Per dare al piano BC qualunque elevazione, s'adopera il semicerchio AL, il cui diametro è diviso in 16 parti uguali, s'applicano in esso varie corde, che contengono di queste parti 6, 8, 10, 12, 14, ec. Applicato il diametro AB sotto il piano BC, si veda dove il pendolo AQ cade col filo; supponiamo, che questo cada sopra la corda 6; la lunghezza BC farà alla sua altezza, come 16: 6; e perciò se il peso G farà di 16 once, o d'una libbra Olandese, il peso in P di 6 once lo equilibrerà. La ragione di questo è, che per determinare l'elevazione del piano AC, basta tirare dal punto F sopra TP una linea perpendicolare, che essendo nel tempo stesso parallela all'orizzonte, determinerà in TP l'altezza del piano inclinato AF. Ma essendo gli angoli nel semicercolo retti, e la linea Aq perpendicolare all'orizzonte, e perciò parallela alla TP, applicato il diametro

metro AB sotto il piano, avremo ancora tra la linea Aa, e la corda A6 la stessa proporzione, che tra AF, e la sua altezza; onde a6 esprimerà l'orizzontale, 6A l'altezza del piano, Aa la lunghezza.

DEL MOTO NE' PIANI INCLINATI.

760. **F**Inora abbiamo considerato il piano inclinato, come una potenza Meccanica, e ne abbiamo esaminato l'equilibrio; resta ora l'esporre il moto de' corpi del medesimo, essendo di molto uso nella Fisica questa dottrina. Ricaveremo la stessa, dalla proposizione 19., che è un fondamentale teorema per esaminare la discesa de' gravi ne' piani inclinati.

761. I. Se vi sono due piani inclinati uguali in lunghezza, come CD, CD, e sopra vi due corpi uguali A, B, la gravità relativa A è a quella di B, come l'altezza CE del primo piano all'altezza CF del secondo. Imperocchè la gravità assoluta di A sta alla sua relativa, come CD: CE. La gravità assoluta di B sta alla sua relativa, come CD: CF. Ma essendo il corpo A uguale al corpo B, la sua gravità assoluta è la stessa, così ancora le lunghezze CD essendo uguali; farà altresì la gravità relativa di A, a quella di B, come CE: CF.

Tav. 19.  
Fig. 2.

762. II. Se l'altezza de' piani AD, AC disuguali sia la stessa linea AE; le gravità relative dello stesso corpo posto in esso faranno reciprocamente come le lunghezze. Sia la gravità relativa del globo B nel piano AC espressa per R; la gravità relativa dello stesso nel piano AD sia r; farà R: r:: AD: AC. Perchè chiamata G la gravità assoluta di B, per la Proposizione 19, G: R:: AC: AE; e ancora G: r:: AD: AE. Dunque essendo gli stessi i termini estremi, faranno que' di mezzo proporzionali, e perciò R: r:: AD: AC. Come dovea dimostrare.

Tav. 19.  
Fig. 3.

763. III. Se sopra due piani AE, AG, che hanno la stessa altezza AB si mettano due corpi D, G uniti con una corda, che passi per la ruota F; se il peso assoluto D è al peso assoluto C, come AE: AG, dico, che i due corpi faranno in equilibrio. Imperocchè chiamato G il peso assoluto di D, g il peso assoluto di C; supposto il globo C sul piano AE, la sua gravità relativa in esso si chiami r, e quella, che ha in AG si dica R; avremo per ipotesi G: g:: AE: AG. Di più §. 762. R: r:: AE: AG. Inoltre la forza rispettiva D, è ad r, come

Tav. 19.  
Fig. 5.

come  $G:g$ , posto che i due globi  $D, C$  siano nello stesso piano  $AE$ . Ma per la prima proporzione  $G:g::AE:AG$ ; dunque sarà ancora la forza relativa  $D:r::AE:AG$ . Ma per la seconda proporzione abbiamo ancora  $R:r::AE:AG$ ; dunque la forza relativa  $D:r::R:r$ . Perciò essendo  $r=r$ , sarà ancora la forza relativa del globo  $D$  uguale alla forza  $R$  relativa del globo  $C$  sul piano  $AG$ ; laonde questi due corpi faranno in equilibrio.

764. IV. Quindi è vero anche il teorema inverso di questo; che se i due globi  $D, C$  sono in equilibrio, le loro gravità assolute faranno, come le lunghezze de' piani, su i quali s'appoggiano.

765. Di questo teorema Simone Stevino negli Elementi di Statica libro I. Proposizione 19., posto che sia impossibile il moto perpetuo, porta questa ingegnosa dimostrazione. Sopra un triangolo di legno  $GIM$  si ponga la Catena  $GIHK$ , i cui anelli siano uguali di peso. La parte  $GK$  è uguale alla parte  $HK$ , e perciò sono in equilibrio, se dunque  $IH$  non si equilibra con  $IG$ , prepondererà la catena dalla parte  $IG$ , e ciò accadendo continuamente, la catena si muoverà in perpetuo intorno al triangolo  $IGH$ . Ma il moto perpetuo è impossibile, dunque il peso relativo  $IG$  sarà uguale al peso relativo  $IH$ ; queste parti  $IG, IH$  sono come le lunghezze  $IG, IH$ ; dunque essendo due pesi assoluti, come le lunghezze de' piani staranno in equilibrio.

766. V. Sia il corpo  $K$  sopra il piano inclinato  $K$ , e si tenga sospeso colla corda  $KpL$  parallela al piano orizzontale  $CB$ ; dico che per aver l'equilibrio, deve esser la potenza  $L$  al peso  $K$  come  $BC:CA$ . Imperocchè se la forza di  $L$  s'esprima per la linea  $Ka$ , calata a c perpendicolare alla direzione  $cK$ , che è parallela alla lunghezza  $AB$ ; la forza  $aK$  sarà risolta nelle due  $ac, cK$ , delle quali la sola  $cK$  è quella, che impedisce la discesa del corpo  $K$  per lo piano, perchè colla forza  $ac$  la mano  $L$  comprime il peso  $K$  contro il piano  $AB$ . Dunque l'intera forza di  $L$  farà a quella, che impiega per trattenerne la discesa del peso  $K$ , come  $Ka:Kc$ , ovvero come  $AB:BC$ ; essendo l'angolo  $C$  uguale  $c$ , e per le parallele  $AB, cK$ ;  $aK, CB$  l'angolo alterno  $cKa = KaB = aBC$ , e perciò il triangolo  $Kac \sim BAC$ . Ma la forza, colla quale la potenza  $L$  trattiene  $K$  nel piano inclinato, deve essere uguale alla gravità relativa di  $K$ , perchè si dia l'equilibrio; e la forza assoluta  $K$ , è alla sua relativa come  $AB:AC$  per la prop. 19. Perciò in queste due prop-

porzioni essendo il secondo, e quarto termine gli stessi, sarà ancora la potenza L al peso K: BC: AC. Questo può servir di teorema fondamentale per gli piani inclinati, quando si tengono i corpi sopra d'essi, per una direzione non parallela al piano inclinato, ma all'orizzontale:

767. VI. Si può ridurre il piano inclinato al vette, e dimostrare in tutti i casi il suo equilibrio. Sia perciò il globo K sopra il piano CA; si tiri KD, dove il globo tocca il piano, la quale perciò sarà perpendicolare a CA, che è tangente. Si cali KG perpendicolare all'orizzonte BA, la quale esprime la gravità assoluta di K; dal punto D si tiri ad essa la perpendicolare De, e la perpendicolare DI alla KO parallela ad AB. Il punto D è centro di moto, e sostegno del globo K. Si tenga questo colla direzione Kp parallela al piano CA, e perciò perpendicolare alla KD; concependosi tutto il peso del globo unito in K, che è suo centro, e opera secondo la direzione Ke, avremo un vette di primo genere ma piegato, nel quale D farà il sostegno, in e il peso, in K la potenza: onde il vette sarà composto delle due parti KD, De. Dunque allora si darà equilibrio, quando  $p:K::eD:DK$ . Ma il triangolo  $DeK \sim CBA$ ; dunque sarà  $eD:DK::CB:CA$ , e perciò  $p:K::CB:CA$ , come appunto dimostrammo parlando dell'equilibrio de' piani inclinati. Che il triangolo  $DeK \sim CBA$ , così si dimostra.  $DeK \sim fDK$  Per l'ottava del libro 6. d'Euclide,  $fDK \sim fGA$  per gli angoli al vertice f uguali, e gli angoli D, G, retti. Il triangolo  $fGA \sim CBA$  per la 2. del libro 6. d'Euclide, dunque  $DeK \sim CBA$ .

Tav. 19.  
Fig. 7.

768. VII. Tiri la potenza per l'orizzontale KO, innalzata DI a essa perpendicolare, il peso farà in e come prima, il sostegno in D, la potenza in I; onde avremo il vette piegato IDe, e perciò per aver l'equilibrio dovrà esser la potenza O al peso K, come eD, ovvero KI: DI; ma essendo il triangolo  $KID \sim DeK$  per la costruzione sarà ancora simile al triangolo CBA, e perciò avremo  $KI:DI::BA:BC$ ; dunque la potenza è al peso, come CB: BA; così ancora dimostrammo §. 766.

Tav. 19.  
Fig. 7.

769. VIII. Operi la potenza secondo la direzione in qualunque maniera obliqua KI; calata sopra questa prolungata in R la perpendicolare Dq, avremo la leva piegata qDe; onde farà la potenza alla resistenza, come eD: Dq: Quindi si ricava, che la potenza quanto più si discosta dalla parallela pK al piano inclinato CA, tanto più si diminuisce di forza.

770. IX.

770. IX. Essendo per la proposizione 19. la gravità assoluta d'un corpo alla relativa, come la lunghezza del piano alla sua altezza, e queste avendo una relazione costante, la stessa ancora passerà tra la gravità assoluta, e la relativa; e perciò essendo la prima costante, e uniformemente accelerando i corpi, lo stesso ancora farà la gravità relativa; e di fatto questa s'esprime coll'altezza perpendicolare del piano inclinato; questo è quello che fu da noi supposto nel §. 541.

Tav. 19.  
Fig. 8.

771. X. Se nello stesso tempo due corpi uguali, uno scenda per AE, l'altro cada per AC, dopo qualunque tempo la velocità acquistata dal primo farà a quella del secondo, come AC: AE. Imperocchè le velocità sono effetti delle forze, e perciò loro proporzionali, quando il tempo è lo stesso §. 468. Ma la forza assoluta di A è alla sua relativa, come AC: AE; dunque le velocità acquistate nel tempo stesso per l'altezza e lunghezza del piano, faranno come AC: AE. Questo alcuni lo prendono come teorema fondamentale di tutto ciò che si dimostra da' meccanici intorno al moto de' corpi ne' piani inclinati.

772. XI. Se sopra il piano AE dal punto C si tiri la perpendicolare CF, e due corpi uno scenda per AE, l'altro cada per AC, quando questo sarà arrivato in C, l'altro si troverà in F; e perciò AF, AC saranno descritte nel tempo stesso. Imperocchè le velocità acquistate dopo descritto qualche spazio nel tempo stesso per lo piano AE, e per l'altezza AC, sono come AE: AC §. 771.; ma essendo C angolo retto, e CF perpendicolare dal libro 6 della Geometria abbiamo AE: AC:: AC: AF; dunque AC, AF saranno quegli spazj nell'altezza, e nel piano inclinato, che sono descritti nel tempo stesso.

773. Quindi se siano due piani AB, AE, che hanno la stessa altezza AC, tirate ad essi le perpendicolari CD, CF, le lunghezze AF, AD saranno descritte da un corpo grave nel tempo stesso; perchè sono percorse nello stesso tempo della comune altezza AC. Inoltre da qualunque punto dell'altezza, per esempio c, tirata la perpendicolare cd al piano inclinato AB, faranno le due linee Ac, Ad, percorse nello stesso tempo.

Tav. 19.  
Fig. 9.

774. Si ricava ancora dal §. 772., che tirate quantesivoglia corde nel circolo dall'estremità del diametro, sono isocrone, cioè nel tempo stesso sono percorse. Sia il cerchio ABEG, e dal punto A, ovvero E si tirino varie corde AB, AG, AD, EB, EG, ED, AH, AG,

AG, AF, dico, che tutte queste saranno percorse nel tempo stesso, per qualunque di esse si faccia scendere un corpo. Imperocchè tirate le tangenti Af, Ec al diametro, e prolungate le corde ne' punti d, e, f, a, b, c, avremo tanti piani inclinati Aa, Ab, ec., la comune altezza de' quali farà AE; e siccome per lo libro 3. d' Euclide gli angoli B, C, D sono retti, perchè nel semicircolo, così le linee EB, EC, ec. sono perpendicolari a' piani inclinati Ac, Ab, ec., e perciò le porzioni AB, AC, sono percorse nel tempo stesso del diametro, o altezza AE; onde sono isocrone tutte le corde del circolo.

775. Quindi ancora se tirate varie corde AC, AD, AB, AE, Tav. 19.  
Fig. 10. AF con qualunque intervallo si faccia il piccolo cerchio Ac, le porzioni aC, bD, cB, ec. tagliate dalle corde saranno anche esse isocrone. Perchè le corde del circolo grande AC, AD, ec., e quelle del piccolo Aa, Ab, sono isocrone; dunque ancora le porzioni tagliate aC, bD saranno tali.

776. XII. Dalla Prop. 19. ne viene ancora in conseguenza, che un corpo acquista la stessa velocità cadendo per un piano inclinato AE, che per la sua altezza AC. Imperocchè tirato il perpendicolo CF, per gli triangoli simili AEC, ACF, abbiamo AE: AC:: AC: AF; e per la natura della proporzione continua AE: AF:: AE<sup>2</sup>: AC<sup>2</sup>; dunque estraendo da tutti i termini la radice quadrata, farà  $\sqrt{AE}:\sqrt{AF}::AE:AC$ . Ma essendo gli spazj AC, AF descritti nel tempo stesso da un corpo cadente §. 772. la celerità acquistata per AC, sarà a quella per AF:: AC: AF, perchè i tempi sono uguali §. 379. 343.; ovvero come AE: AC per la prima proporzione; dunque farà ancora la celerità per AC, a quella per AF::  $\sqrt{AE}:\sqrt{AF}$  per la terza proporzione. Inoltre trattandosi di gravità §. 385., è ancora la celerità per AE, alla celerità per AF;  $\sqrt{AE}:\sqrt{AF}$ ; Dunque per l'uguaglianza delle ragioni, farà la celerità per AC, a quella per AF; come quella per AE, a quella per AF; e perciò essendo il secondo, e quarto termine di questa proporzione la stessa celerità per AF; ancora il primo, e il terzo termine, cioè la celerità per AC, farà uguale a quella, che il corpo acquista cadendo per AE. Onde tanto farà far cadere un corpo dall' altezza perpendicolare del piano; che per la sua declività; arrivato all'orizzonte avrà acquistato la stessa velocità. Se qualcuno dubitasse, che nel moto variabile, quando si fa nel tempo stesso, le

Tav. 19.  
Fig. 8.

velocità non siano proporzionali agli spazj, come abbiamo supposto nella quarta proporzione, così si può dimostrare. Sia la celerità d'un corpo in uno spazio, e tempo infinitesimi  $C$ , lo spazio  $dS$ , il tempo  $dT$ , la celerità d'un altro  $c$ , lo spazio  $ds$ , il tempo  $dT$ ; essendo il tempo lo stesso, avremo §. 379.  $C:c::dS:ds$ ; e prendendo la somma di queste piccole velocità, e degli spazj, avremo  $C:fc::S:s$ . Cioè nel moto variabile anche faranno le celerità come gli spazj, se i tempi sono uguali.

777. Da questo teorema ne nasce, che se molti piani  $AE$ ,  $AB$  abbiano l'istessa altezza  $AC$ , un corpo lasciato per qualunque di essi arrivato al piano orizzontale, avrà acquistata la stessa velocità; perchè le velocità in  $E$ ,  $B$  sono uguali a quelle, che acquista cadendo per  $AC$ .

778. Onde se vi faranno molti piani contigui  $AB$ ,  $BD$ ,  $DE$ , il corpo cadendo per essi, se negli angoli  $B$ ,  $D$  non perdesse porzione della velocità acquistata, si troverebbe in  $E$  averne tanta, quanta se fosse caduto per  $Ad$ . Perchè tirate  $Ba$ ,  $Db$  perpendicolari sopra  $ad$ ;  $Be$ ,  $Df$  sopra  $EC$ ; quando il corpo è arrivato in  $B$ , avrà acquistato la stessa velocità, che cadendo per  $Aa$ . Da  $B$  passando in  $D$  acquista la stessa velocità, che da  $B$  in  $c$ , ovvero da  $a$  in  $b$ , ec. Dunque se i piani  $AB$ ,  $BD$  faranno infinitamente piccoli, e perciò formeranno una curva  $AC$ ; il ritardamento, che riceve il corpo nel passare da un piano in un altro essendo niente, acquisterà la stessa velocità scendendo per una curva, che per la sua altezza perpendicolare.

Tav. 19.  
Fig. 11.

Tav. 19.  
Fig. 12.

779. Pietro Varignon nelle memorie dell'Accademia Reale del 1693. 1704. insegnò a determinare la velocità, che perde un corpo nel passare da un piano in un altro, quando questi sono finiti. Siano i due piani  $BE$ ,  $EF$ , e la velocità acquistata in  $E$  s'esprima colla  $BE$ ; prolungata  $FE$ , si cali la perpendicolare  $BD$ . La forza  $BE$  acquistata farà sciolta nelle due  $BD$ ,  $DE$ ; di queste,  $BD$  essendo direttamente contraria al piano  $DEF$ , viene da esso distrutta, e se resterà solamente la velocità  $DE$ . Dunque la velocità acquistata per  $BE$  farà a quella, con cui entra nel piano  $EF$ , come  $BE:DE$ . Perciò fatto centro in  $E$  coll'intervallo  $EB$  descrivendo l'arco  $Ba$ , farà  $aD$  la porzione di velocità perduta nell'urtare contro il piano  $EF$ .

780. Da ciò ne siegue, che facilmente si può determinare l'altezza, dalla quale cadendo un corpo, acquisterebbe la stessa velocità,

tà, che scorrendo per gli piani BE, EF, ne quali ne acquista minore, che cadendo dalla loro altezza BH, come abbiain veduto. Dal punto D si tiri la perpendicolare DC al piano BE, e calata CG, sarà questa l'altezza cercata. Imperocchè la velocità acquistata per BE sarà a quella per CE, come  $\sqrt{BE} : \sqrt{CE}$  per la natura della gravità. Essendo BDE, CDE triangoli simili per la costruzione, sarà  $BE : ED :: ED : CE$ ; e per la natura della proporzione continua  $BE : CE :: \overline{BE^2} : \overline{ED^2}$ ; e cavando la radice,  $BE : ED :: \sqrt{BE} : \sqrt{CE}$ . Ma la velocità acquistata per BE è a quella, con cui entra nel piano EF, come  $BE : ED$ . §. 779. Dunque per l'uguaglianza delle ragioni sarà la velocità per BE a quella, con cui entra in EF, come  $\sqrt{BE} : \sqrt{CE}$ ; e perciò la velocità per BE a quella di CE, come la velocità per BE a quella, con cui entra in EF, per la prima proporzione. Laonde la velocità, che acquista per CE è la stessa, che quella, colla quale entra nel piano EF. Dunque tanta velocità acquista scendendo per CE, EF, quanta cadendo per CG.

781. Potrebbe ad alcuno nascer dubbio, che ancora quando l'angolo BEF è infinitamente ottuso, cioè nel caso che un corpo cada per una curva, le velocità minime, che perde fossero considerabili, ma è cosa facile il dimostrare, che sono infinitesime di second'ordine, e perciò quantità da non curarsi, perchè la loro somma infinità non dà, che un infinitesimo di prim'ordine. Che ciò sia così, prendete BA, AC, cosicchè BAC sia angolo infinitamente ottuso, e BA, CA infinitesime, che per maggior chiarezza si sono fatte grandi. Descritto il semicircolo BCD, si cali la perpendicolare Ca. Essendo l'angolo BAC infinitamente ottuso, sarà CAD infinitamente acuto, e perciò il suo seno Ca infinitesimo primo. Per la natura del cerchio  $Ba : Ca :: Ca : aD$ ; dunque aD è infinitesimo di second'ordine; ma se un corpo scendesse per gli piani CA, AB, esprimerebbe aD la velocità, che perde in A §. 779. dunque quando un corpo si muove per una linea curva, la velocità, che perde nel passare da un elemento di essa all'altro, è infinitesima di second'ordine.

782. XIII. Per ultimo il tempo, che impiega un corpo a scendere per un piano inclinato AE, è a quello della discesa perpendicolare per AC sua altezza, come  $AE : AC$ . perchè se il tempo per AE si chiami T, per AC, t, le loro differenze faranno dT, dt; gli elementi di AE, AC siano dAE, dAC. Essendo la velocità in E uguale a quella in C §. 776. avremo §. 379.  $(dAE : dT) = (dAC : dt)$ ,

Pp 2 e per-

Tav. 19.  
Fig. 13.

Tav. 19.  
Fig. 8.

e perciò  $dAE \propto dt = dAC \propto dT$ , e sciogliendo in proporzione,  $dT : dt :: dAE : dAC$ ; ed integrando  $T : t :: AE : AC$ ; come dovea per ultimo dimostrare.

### APPLICAZIONE DELLE MACCHINE.

783. **M**olti stromenti si riducono alla leva. I. il martello, quando appoggiato il suo capo al muro, ce ne serviamo per levare un chiodo. Il capo fa le veci di sostegno, la resistenza, che sta ad esso vicina è la coerenza delle parti del muro; la potenza è la mano applicata al manico; perciò è una leva piegata di primo genere. Onde quanto più corto è il capo, e lungo il manico; tanto più forza avrà il martello. Se però ce ne serviamo per cacciare i chiodi nel muro, o nel legno; allora lo spazio descritto dalla resistenza è la sua introduzione nel muro a ciascun colpo, che si dà; quello descritto dalla potenza è un cerchio fatto dalla mano; che ha per raggio il manico del martello. Perciò ancora in questo caso più lungo è il manico, più forza ha la potenza. II. Le forbici; e le tanaglie sono due leve di primo genere, che hanno per comune sostegno l'asse di ferro, con cui sono unite. Quindi è, che quanto più lungo è il loro manico, e più corto il capo, e più in dentro si mette il corpo da tagliare, o da stringere, tanto maggior forza ha la potenza; così osserviamo, che le forbici da tagliar le lastre d'ottone, sono lunghissime di manico, e cortissime di capo. III. Si riduce ancora alla prima leva quello stromento, che usano ne' pozzi bassi delle campagne, detto la *Cicogna* da Aristotele, o l'*Albateno*: vicino al pozzo piantano un palo diritto, e alto, su la cui cima un altro orizzontale sta mobile: ad un'estremità di questo attaccano la fune colla secchia; all'altra un sasso, che la contrapesi; attaccata la mano alla corda si cala la secchia dritto nel pozzo, e poi lasciandola, il sasso che serve di contrappeso lo rialza.

784. Alla leva di secondo genere si riducono I. i remi, coi quali si fa avanzare la barca. Quando si muove il remo il sostegno, è l'acqua, che esso batte, e a cui s'appoggia colla sua larga estremità; la resistenza è la barca da trasportarsi, che sta al remo attaccata; la potenza è l'uomo, che sta all'altra estremità sottile del remo. II. Alla leva seconda si riduce l'albero della nave: il fondo, in cui sta conficcato è il sostegno; la resistenza è la nave, che sta con esso uni-

ta, la potenza è alla cima dell'albero, cioè il vento, che gonfia le vele.  
 III. Le mascelle degli animali: in esse il sostegno è l'osso, a cui appoggia l'estremità della mascella inferiore, che è quella che si muove; la resistenza è il cibo, che si pone tra'denti per tritarlo; la potenza sono i muscoli, che deprimono, e innalzano la mascella. Quindi è, che mettendo un corpo ne'denti molari, e perciò più vicino al sostegno, con più facilità lo rompiamo. Se si pone sotto i denti anteriori, non acquistano i muscoli alcuna forza per ragione della leva seconda; perchè in tal caso sono ugualmente lontane dal sostegno la potenza, e la resistenza. Ma la natura ha saggiamente a ciò provveduto, facendo i denti anteriori degli animali, a guisa di cuneo; acciocchè quella forza, che non possono ricevere dalla leva, l'abbiano da questo stromento. Onde nasce, che facciamo ancora una forza considerabile co'denti anteriori delle mascelle.

785. All'asse nella ruota si riduce il cono incavato a spira degli orolj, intorno al quale si ravvolge la catena, quando comunemente diciamo dar la corda all'orologio. Vicino al cono BA, v'è un timpano, dentro il quale sta chiusa la molla d'acciajo S, a questa è attaccata un'estremità della catena, e l'altra sta attaccata in E: quando si pone la chiave in B, per dar la corda, la catena si rivolta tutta intorno al cono EFOLK, e si discioglie dal timpano: nel tempo stesso la molla S si stringe, e acquista elaterio, col quale sforzandosi di aprire il timpano, e non potendolo, l'obbliga a girare intorno a se stesso. In questo modo si muove la ruota dentata, che sta sotto il cono in EA, tirando il timpano a se la corda, che era avvolta al cono, e perciò obbligandolo anch'esso a rivoltarsi. La ruota in EA muove un'asse a se vicino, e così nasce il moto dell'orologio. Ma siccome la molla successivamente dilatandosi perde di forza; così altrettanta ne acquista coll'esser la catena avvolta al cono, il quale è un composto di varie ruote KL, FO, EA unite allo stesso asse BA. Perchè più si scioglie la catena dal cono per ravvolgersi al timpano S, più si discosta dall'asse BA; onde in O è più lontana la catena, e perciò la forza S; che in L; in E più lontana, che in O. Quindi tanto perde di forza perchè si dilata, altrettanto ne acquista la potenza S, perchè continuamente si discosta dall'asse AB; e così la forza, che muove l'orologio, è costante in tutto il tempo del suo moto.

786. Al cuneo si riducono tutti quasi gl'istromenti, de' quali si servono gli artefici per operare, e molti altri d'uso nella vita civile,  
 i col-

TAV. 20.  
 Fig. 2.

i coltelli, le spade, i pugnali, i rasoj, i scarpelli, i chiodi, li scuri, le pialle, ec. Alcuni di questi stromenti, come i rasoj si fanno di due piani inclinati curvilinei, per accrescere come abbiám detto, la forza della potenza, diminuendo l'angolo, o il taglio del rasojo. Non s'accresce in questo caso la forza, perchè s'abbia a superare una resistenza considerabile, essendo anzi questa piccolissima, cioè la coerenza, che hanno le parti de' peli della barba; ma perchè deve superarsi senza dolore.

### MACCHINE COMPOSTE.

787. **Q**Uasi infinite sonole Macchine composte, secondo che s'uniscono due, tre, o più macchine semplici insieme, e ciò in molti modi diversi. Lungo sarebbe il dare una descrizione di tutte, e non opera di un solo; noi daremo una *regola generale* per determinare in qualunque di esse l'equilibrio. *In qualunque macchina composta la potenza è alla resistenza in ragione composta di tutte le ragioni, che ha la potenza alla resistenza in ciascuna macchina semplice, delle quali è composta.*

Tav. 20.  
Fig. 3.

788. Per concepirne l'uso sia la leva composta di più altre. La sbarra MN serve per tener collegate le leve; il peso è in P; la potenza in K, mentre questa abbassa la punta G, la punta E innalza H; e così s'abbassa D, C, e si innalza il punto A col peso P. I sostegni sono in B, I, F. La potenza K farà alla resistenza P, come  $BA \times DI \times EF : BC \times IH \times FG$ ; le prime sono le distanze del peso da' fulcri, le seconde quelle della potenza.

Tav. 20.  
Fig. 4.

789. Sia la Stadera composta della quale si servono per pesare i cannoni, i mortari, le ancore; la costruzione di essa è la seguente. CAG è una riga di ferro attaccata alle due sbarre AH, CD; l'altra riga LF sta attaccata solamente alle sbarre DC, EN, e in esse sta il Romano M; la riga NH serve per tener collegate le sbarre AH, EN, che s'attaccano in S, R. Il peso P si pone nell'uncino K, la potenza sta in M, che abbassando il braccio della stadera EF innalza il punto D, e questo tirando a se il punto C solleva il peso K. Nella prima stadera la potenza è in M, la resistenza in D; nella seconda stadera CG la potenza è in C, il peso è in B. Dunque per aver l'equilibrio dovrà essere la potenza M al peso P, come  $DE \times BA : EM \times CK$ .

790. Mol-

790. Moltissime macchine composte descrive il Boklero nel teatro delle macchine stampato in foglio a Norimberga nel 1673. Più diffusamente avea intrapreso d' esporre le macchine tutte secondo i diversi usi, che hanno, e le varie professioni Giacomo Leupold Tedesco; ma sopravvisse tanto da poter stampare nel 1724. il *Theatrum Machinarum generale*, dove espone le potenze meccaniche, e la loro applicazione alle macchine; nello stesso anno il *Theatrum Machinarum hydrotechnicarum*, dove espone le macchine, che riguardano l'architettura dell'acque, delle quali macchine uscirono nel 1737. 1739. due tomi in quarto in Parigi sotto il titolo di *Architectura Hydraulica* composti dal Sig. de Belidor, opera nel suo genere perfettissima. Nello stesso anno diede il Leupold la prima parte *Theatri Machinarum hydraulicarum*, e nell' anno 1725. fecela seconda parte, insieme col *Theatrum staticum universale*. L'anno 1726. stampò il *Theatrum pontificiale*, dove espone la fabbrica de' Ponti (sull'acqua; e nell' anno 1727. *Theatrum Arithmetico-Geometricum*, ove descrive gli stromenti appartenenti a queste scienze. Nel numero de' libri, che trattano delle macchine, meritamente si numerano i sei tomi, che Gallon diede fuori in Parigi nel 1735., di quelle approvate dall'Accademia Reale.

791. Da tutto ciò, che abbiamo detto intorno alle macchine statiche possiamo comprendere il triplice loro uso. I. servono le macchine per trasportare tutto in un colpo un peso, che senza di loro non potrebbe farsi, che in parti. Supponiamo, che un uomo abbia forza d'innalzare un peso di 100 libbre, e debba trasportarsi il peso di 1000 libbre. Dividendolo in 10 parti, in dieci viaggi potrebbe agevolmente trasportarsi; ma questo il più delle volte non si può fare, trattandosi di Statue, di Guglie, di sassi, che devono avere una determinata grandezza, ec. Perciò è necessario adoperare una macchina per trasportarlo tutto d'un pezzo. Da ciò si deduce, che l'uso delle macchine non è, come comunemente si crede per innalzare con piccola forza un peso considerabile, non alzando la potenza, se non che quanto porta il suo stato naturale; ma per aiutare la debolezza della medesima, acciocchè con doppio, o triplo dispendio di tempo possa trasportare l'intero peso.

II. Per mezzo delle macchine suppliamo al difetto de' luoghi. Dal fondo d'una nave non si potrebbe agevolmente levar l'acqua, che per mezzo d'una macchina.

III. Col-

III. Colle macchine ci liberiamo dalla spesa considerabile, che si farebbe in alcuni casi; per trasportare qualche peso si ricercherebbero alle volte 24 uomini, colla macchina lo faremo per mezzo d'un solo.

### DELLA RESISTENZA.

792. **T**Ra le resistenze oltre il peso, e la coerenza de' corpi, gran parte ancora si deve allo strofinamento degli assi nelle ruote, e del peso col piano, su cui cammina; onde è, che costrutta la macchina proporzionale al peso da innalzarsi, sovente non avendo computato lo strofinamento delle sue parti, si rende inutile per inalzare il peso; e quello, che è difetto dell'artefice, lo rifondiamo sovente nell'arte, condannando in simili casi la Meccanica, come una scienza inutile.

793. Lo strofinamento de' corpi, quando un cammina sopra l'altro nasce dalle parti, che li compongono, le quali non essendo strette, lasciano molti voti, o pori di mezzo; dentro i quali insinuandosi le parti prominenti, o la scabrosità del corpo, che cammina, fa quella considerabile, resistenza, che noi troviamo facendo camminare due marmi non levigati uno sopra dell'altro. Dal che si deduce, che essendo diversa la tessitura di tutti i corpi, vario ancora sarà lo strofinamento, e perciò la resistenza, che producono.

794. Le cause, ch'accreiscono la resistenza secondo molte esperienze fatte dal Muffchenbroeck tomo 1. cap. 9. del saggio della Fifica, secondo Desagulier nella Filosofia sperimentale sono. I. La figura diversa delle parti de' corpi, e la loro coerenza maggiore o minore, che accrescono, o diminuiscono la resistenza, che nasce dallo strofinamento. Siccome le figure sono infinite e infiniti ancora i gradi di coerenza; così da questo solo si ricava l'impossibilità di dare alcuna regola determinata intorno a' diversi strofinamenti. II. La lunghezza della superficie de' corpi se è maggiore accresce la resistenza; ma dalle esperienze però si ricava, che questo decremento non siegue la proporzione delle superficie, ma è molto minore. Pretese di dimostrare Amontons nelle memorie dell'Accademia Reale di Parigi del 1699., che la grandezza della superficie niente influisce alla resistenza, ma il contrario provò Mulschenbroek nel luogo citato. III. Il peso del corpo, che cammina sopra l'al-

l'altro ajuta molto lo strofinamento, perchè comprime sempre più le parti prominenti del corpo contro alle cavità dell'altro, quindi s'osserva, che una bilancia troppo carica meno si muove. IV. La velocità, colla quale si deve muovere la macchina, aumenta la resistenza, o l'urto delle sue parti; e questa è una delle principali cause, che accresce lo strofinamento,

795. Accennate le principali cause dell'urto nato dalla scabrità de' corpi, accenniamo ora i rimedj per evitarle. I. Convieni, che le parti della macchina siano esattamente levorate, e pulite, cosicchè quasi risplendano. II. Convieni ungere d'olio, o di grasso pulito gli assi della macchina, e i cilindri, che si mettono sotto il peso, quando si trasporta per lo piano. Deve replicarsi più volte il grasso, quando si tratta di trasportare un peso assai considerabile, e inoltre bagnarsi le corde delle taglie, se di queste facciamo uso; acciocchè il calore, che concepiscono sensibilissimo le parti della macchina, non debba farle pigliar fuoco, come è accaduto sovente. Così il Mufschbroek osserva, che una macchina movendosi con velocità 10, per trasportare un peso di libbre 95, essendo la resistenza, che nasceva dall'urto delle parti di essa, come 128, unta d'olio divenne 64. La sperienza inoltre insegnerà, che la perfezione delle macchine s'accresce, quanto più s'adopero, levigandosi una coll'altra. Per evitare lo strofinamento degli assi co'forami, ne quali si muovono, si facciano gli assi di materia diversa da quella de'forami; gli uni per esempio d'acciajo, gli altri d'ottone, i quali due metalli meno si resistono vicendevolmente nel loro moto, e più difficilmente si logorano.

796. Queste sono in pratica le più vere, e utili regole per evitare questa specie di resistenza. Per vero dire Amontons nelle memorie del 1699., il Sig. Camus nel trattato delle Forze Motrici, Leibniz nelle *Miscellaneæ* di Berlino carte 307, lo Sturmio, e altri hanno preteso di dar leggi, per determinare questa specie di resistenza in qualunque macchina; se però si consulteranno le sperienze, lasciando il raziocinio, s'offerirà, che è inutile ogni sforzo, nè può darsi alcuna regola generale; non essendo giudice in questa materia, che l'osservazione quotidiana.

## DELLE POTENZE DIVERSE.

797. **L**E potenze altre sono animate, altre inanimate, come abbiamo detto. In più maniere la potenza può esercitare la sua azione per muovere, o superare la resistenza; o abbassandosi, come un peso attaccato nelle taglie, discendendo solleva un altro peso; o tirando, come fa il cavallo muovendo la ruota del molino; o calcando con i piedi, o girando la manuela.

798. Se per muovere la macchina ci serviamo dell'acqua, aria, o fuoco, è necessaria allora una particolare costruzione per la macchina. Alcune di queste descriveremo nel Trattato dell'acqua, e dell'aria, lasciando quelle, che si muovono per mezzo del fuoco.

799. Tommaso Savery nelle Transazioni d'Inghilterra numero 252, Amontons nelle Memorie del 1699. Dionisio Papino nell'arte nuova di elevar l'acqua col fuoco, Stefano Switzer nell'introduzione Inglese al sistema Idrostatico, e Idraulico, e molti altri hanno insegnato il modo di muovere le macchine col fuoco, pretendendo ancora di farlo con minore dispendio: finora però la pratica non ha convalidate le loro dimostrazioni.

## C A P O XVII.

*Idrostatica, e Idraulica.*

800. **L**'Idrostatica è quella parte di Meccanica, ch'esamina il moto, e l'equilibrio de' fluidi, siccome ha fatto la Statica ne' solidi, l'Idraulica è quella, che parla delle macchine da adoperarsi ne' fluidi, altri diversamente le definiscono chiamando Idrostatica quella, che parla delle gravità de' corpi ne' fluidi, e l'Idraulica la scienza del loro moto; ma le definizioni sono arbitrarie. Nell'Idrostatica parleremo; *primo* della pressione de' fluidi; *secondo* del loro equilibrio; *terzo* del moto de' fluidi, ch'escono da' vasi, o salgono; *quarto* del moto de' fluidi, che urtano ne' solidi, e perciò della loro resistenza; *quinto* del moto de' fluidi, e i solidi insieme paragonati; *sesto* del moto de' fluidi ne' tubi capillari.

801. Il fluido è quel corpo, le cui parti non hanno una connessione sensibile, e facilmente cedono a qualunque urto. Un corpo è

spe-

## CAPO XVII. IDROSTATICA, E IDRAULICA. 307

*specificamente più grave* d'un altro, quando sotto lo stesso volume contiene maggior peso dell'altro; quindi apparisce, che debba intendersi per un corpo *specificamente più leggiero*. Se ci sono due palle uguali una di legno, l'altro d'oro, questa si dice specificamente più grave di quella. Dunque le gravità specifiche de' corpi sono lo stesso, che le loro densità §. 304.; non essendo queste, che la massa relativamente al volume; e perciò le gravità assolute di due corpi, che sono come i volumi nelle densità §. 304. faranno ancora come volumi nelle loro gravità specifiche.

802. Essendo la gravità ne' corpi proporzionale alla loro massa, quello che s'è detto di questa §. 328. e seguenti, può applicarsi alla gravità assoluta, e per mezzo d'essa alla specifica. Ma siccome non così a prima vista si vede l'applicazione di questa dottrina, necessaria per l'Idrostatica; così ne daremo ora un dettaglio. Essendo la massa d'un corpo come la densità nel volume §. 328. e trattandosi della gravità specifica, ove i volumi sono uguali, ne nasce, che *le gravità specifiche di due corpi saranno tra di loro, come le gravità assolute*. Perciò chiamate le masse  $M, m$ , le gravità assolute  $G, g$ ; i volumi  $U, u$ ; le densità  $D, d$ ; le gravità specifiche  $S, s$ ; essendo  $G = M, g = m$ ; e ancora  $U = u$  trattandosi di gravità specifiche, avremo  $G : g :: D : d$ ; ma  $S : s :: D : d$  §. 801.; dunque  $G : g :: S : s$ .

803. *Se le gravità assolute di due corpi sono uguali, le gravità specifiche saranno inversamente come i volumi*. Perchè  $G : g :: UD : ud$  §. 304.; ma per ipotesi  $G = g$ ; dunque  $UD = ud$ ; e risolvendo in proporzione  $U : u :: d : D$ ; ma §. 802.  $d : D :: s : S$ ; dunque  $U : u :: s : S$ . Ci sia una palla di legno otto volte più grande d'un'altra d'oro, ma che abbia lo stesso peso di questa. Se fossero della stessa materia, dovrebbe nella prima esserci otto volte più peso della seconda; ma non ve n'è, che uguale; dunque in ciascuna ottava parte della palla di legno v'è un'ottava parte del peso di quella d'oro; e perciò quantunque la palla di legno sia 8 volte più voluminosa, ciò non ostante il suo peso rispetto a quella dell'oro è  $\frac{1}{8}$ ; dunque le loro gravità specifiche sono inversamente come i volumi.

## DELLA PRESSIONE DE' FLUIDI.

804. **C**He i fluidi siano composti di parti, lo dimostrano i loro fenomeni, e che abbiano piccolissima coesione si osserva dal loro cedere ad ogni urto. Per concepir meglio le dimostrazioni, che sopra questi si fanno, è necessario aver sempre sotto l'occhio le loro minime parti, come separate tra loro, quantunque a prima vista pajano un corpo solo §. 152., e segg. Per maggior chiarezza le concepiremo di figura sferica. Queste parti devono avere le stesse proprietà primarie, che i corpi maggiori, cioè saranno estese, e di più figurate §. 152., solide §. 177. e seg., mobili, e pesanti §. 527. e segg.

805. Onde è che mal giudicarono le Scuole togliendo la gravità a' fluidi, quando sono dentro i loro consimili; *gli elementi*, dicevan esse, *ne' luoghi propri non gravitano*, così l'acqua nell'acqua, l'aria nell'aria; il fuoco nel fuoco non gravita. Il loro errore nacque dall'osservare, che non si sente il peso d'una secchia piena d'acqua, se non che quando s'estrae dall'acqua del pozzo. Ma da questa osservazione dovevano ricavare, che il peso nell'acqua non vi è, o pure viene equilibrato da un'altra forza, come esporremo in appresso. Chi dirà mai, che non movendosi due pesi uguali posti su le scodelle d'una bilancia, non gravitino? Pesano, ma da questo peso non nasce alcun moto, perchè sono in equilibrio: lo stesso appunto dimostreremo accadere ne' fluidi; intanto possiamo con immediate sperienze dimostrare, che *ogni fluido posto nel suo omogeneo gravita*; e ciò ancora accade ne' fluidi diversi, quantunque uno sia più leggiero dell'altro.

806. *Esperienze*. Nel vaso MN coll'acqua, s'immerga il cannello di vetro pm; da tutte due le parti aperto, quasi pieno d'olio, tenendo col dito chiusa l'apertura p. Quando s'immerge fino a un certo segno, per esempio in q, sebbene si levi il dito da p, l'olio non iscende; se s'immerge allora più in sotto di q, l'acqua entra in m, e spinge in alto l'olio verso p; se il cannello s'alza sopra q, per esempio in s, l'olio esce da questo, e si disperde per l'acqua. S'adatti il vaso di vetro d voto, e più leggiero dell'acqua, sopra la sua superficie; sicchè stia coll'apertura voltata verso il fondo del vaso MN; il che si fa mettendo al labro d'esso un piccolo peso in giro. Si versi dell'olio sopra l'acqua, vedrete, che questa entrerà nella cavità del vaso d.

Tav. 20.  
Fig. 5.

807. Se l'acqua non gravitasse, e perciò non premesse i corpi, questi effetti non potrebbero accadere; così ancora se il fluido più leggero posto sopra il più grave, come l'olio sull'acqua, non lo premesse col proprio peso, non entrerebbe questa nel vaso d. Dunque i fluidi posti negli omogenei, e quei che sono eterogenei gravitano vicendevolmente uno sopra dell'altro. Dimostrato l'attual peso de' fluidi, resta ora che esaminiamo, come s'esercita la pressione, che da questo deriva, quando sono posti dentro qualche vaso.

P R O P O S I Z I O N E XX.

*Un fluido posto in qualunque vaso esercita da per tutto pressione uguale; e questa relativamente al fondo del vaso è come lo stesso fondo moltiplicato nell'altezza del fluido.*

808. **I**mperocchè quanto alla prima parte della proposizione, le minime parti de' fluidi sono gravi §. 804. e segg., dunque le parti superiori premeranno le inferiori, e all'opposto per l'azione uguale alla reazione queste premeranno le superiori. Ma le parti de' fluidi sono poco connesse, e facilmente si muovono §. 801. 804.; dunque non potendole le parti di sopra superare quelle di sotto, perchè il fluido si suppone omogeneo, colla loro fluidità si sforzeranno di scorrere lateralmente una sopra dell'altra, per la stessa gravità, che hanno; e per la reazione de' lati stessi del vaso saranno ugualmente rispinte verso il mezzo del vaso. Dunque le parti d'un fluido premono per ogni verso ugualmente; come dovea per primo dimostrare.

809. La stessa gravità de' corpi è quella, che produce tutte queste pressioni da su in giù, e da giù in su, dal mezzo a' lati, e da lati al mezzo. Per concepire queste, basta figurarsi molte palle d'avorio ben levigate, che stiano dentro d'un vaso; queste si sforzeranno di scorrere per tutti i versi. Onde le parti tutte de' fluidi sono in un perfettissimo equilibrio tra loro, e di qui nasce, che il loro peso non si rende sensibile, come dicemmo nel §. 805.

810. Par duro ad alcuno il concepire, come ciò sia, anzi contrario all'esperienza; se ciò fosse, dicono, osserveremmo i fluidi da per se stessi salire in alto; perchè da per tutto sono premuti, ma i lati, e il fondo del vaso non possono superarli, dunque non scorre-  
ranno

ranno ingiù, nè lateralmente; ma in alto non trovano la stessa resistenza, solamente essendoci la piccolissima dell'aria; perciò dovrebbero per la pressione spontaneamente salire; come rompendo il fondo; o il lato del vaso, veggiamo il fluido uscirne. Non è difficile lo sciogliere questa difficoltà, la prima pressione de' fluidi nasce da una forza attiva, cioè dalla gravità, che opera sempre all'ingiù, nè mai verso l'alto; la pressione de' medesimi all'in su non nasce dalla forza attiva, ma dalla passiva, o forza d'inerzia, la quale tanto opera, quanto è eccitata ad operare; e perciò essendo le parti di sotto premute all'ingiù da quelle di sopra, queste per l'inerzia reagiscono, e premono all'in su tanto quanto sono premute all'ingiù; onde dandosi equilibrio tra queste pressioni, non potremo avere alcun moto all'in su. Il moto però all'in su si rende sensibile, quando un corpo più leggero vogliamo immergerlo per forza in un fluido più grave, il che indica manifestamente questa pressione de' fluidi all'in su, e ciò si conferma ancora colle seguenti

811. *Esperienze.* Lo's Gravesande nel lib. 2. cap. 3. della Fisica, chiuse un pezzo di cera molle, cioè liquefatta con olio, e un uovo dentro una vescica piena d'acqua, e sopra questa mise un peso d'80 libbre; aperta indi la vescica, nè la cera avea mutato figura, nè l'uovo era rotto. Dunque furono questi due corpi premuti ugualmente dalle parti del fluido. Mariotte nella parte 2. del moto dell'acqua fece formare il vaso ABCD, le di cui basi AD, BC erano di legno, e il contorno ABCD di pelle. Erano in esso due buchi uguali con due cannelli n, DK. Empluto d'acqua il vaso, essendo chiusi i cannelli, pose sopra esso il peso P: quindi applicata una scodella d'una bilancia prima vicino al forame n, e poi in K, aprendo i buchi per far uscir l'acqua, osservò dal contrappeso, ch'era obbligato a mettere nell'altra scodella della bilancia, che la pressione dell'acqua all'ingiù era uguale a quella laterale.

Tav. 20.  
Fig. 6.

812. La seconda parte della proposizione così si dimostra. Il fondo del vaso è premuto dalla gravità del fluido; ma questa è come il volume nella densità §. 304.; ovvero parlando dello stesso fluido, essendo la sua densità per tutto la stessa, farà la gravità come il suo volume. Dunque la pressione, che esercita contro il fondo, farà come il suo volume; ma questo s'ha per la Geometria moltiplicando la base del corpo per la sua altezza; perciò la pressione del fluido farà come il fondo del vaso, nell'altezza del fluido; essendo il fondo del

del vaso lo stesso, che la base del fluido. Come dovea per secondo dimostrare.

813. Onde se due vasi, che tengono dentro lo stesso fluido, abbiano uguali altezze, le pressioni contro i fondi saranno come le loro basi, e se le altezze sono diverse, e le basi uguali, saranno le pressioni come le altezze.

814. Sebbene questa seconda parte della proposizione sia facile per dimostrarsi, e la dimostrazione sia universale, e applicabile a tutti i casi di qualunque figura, e situazione di vaso; ciò non ostante nelle applicazioni diverse si trovano alcune difficoltà, che fanno, che la dimostrazione generale convinca bensì, ma non illumini l'intelletto. In questo sono fondati i celebri *Paradossi Idrostatici*, de' quali ora intraprendiamo la soluzione.

815. I. Siano due vasi ABD, EGH, che abbiano basi uguali BD, GH, essendo pieni d'acqua, le pressioni, che esercitano contro i fondi BD, GH faranno come le altezze AB, EG, dal §. precedente. Se all'opposto i due vasi ABD, EGH abbiano uguali altezze AB, EG, essendo pieni d'acqua, le loro pressioni faranno, come i fondi BD, GH. Dal che ne siegue, che se nel fondo BD d'un vaso qualunque, si faccia un buco uguale all'apertura E, qualunque nel vaso ci sia molta quantità d'acqua, ciò non ostante la pressione esercitata contro il buco E farà come un cilindro d'acqua EM, che abbia per base il buco, per altezza quella dell'acqua; restando il rimanente dell'acqua sostenuto dalla base BD, e l'acqua intorno la colonna ME non servendo per altro, che per tenerla colla sua pressione laterale, eretta, acciocchè tutta graviti contro il buco E.

Tav. 20.  
Fig. 7.

Tav. 20.  
Fig. 8.

Tav. 20.  
Fig. 7.

816. II. Siano due vasi pieni d'acqua ACDB, BEFG, che abbiano basi uguali CD, EF, se il più lungo s'inclinerà, cosicchè venga ad avere la stessa altezza BE del più corto; ancora in questo caso devono esser le pressioni contro i fondi uguali tra loro. Per concepirlo si rifletta, che l'acqua ACDB non gravita sopra il fondo CD, che colla sua gravità rispettiva, essendo il vaso inclinato; ma la gravità relativa per la Proposizione 19.; è come l'altezza del piano BE, nella quale ragione è ancora la pressione del vaso BEFG; dunque i fondi CD, EF sostengono pressioni eguali, sebbene la quantità d'acqua nel vaso ACDB sia maggiore, che nel vaso BEFG.

Tav. 20.  
Fig. 9.

817. III. Sia il vaso ABCD di fondo stretto, e d'apertura larga detto

Tav. 20.  
Fig. 10.

detto perciò *divergente*, riempito d'acqua, il fondo BC non sostiene; che la pressione d'una colonna d'acqua uguale alla aBCd; il cui fondo è quello del vaso, l'altezza quella dell'acqua. Perchè per la Geometria il prodotto di BC nell'altezza Ba genera il cilindro aBCd. Di fatto tutto il restante dell'acqua ABadCD, non gravirà contro il fondo BC, ma serve solamente per tenere la colonna d'acqua aBCd dritta; altrimenti caderebbe per la sua fluidità; acciocchè graviti tutta contro il fondo BC.

Tav. 20.  
Fig. 11.

818. IV. Sia il vaso *convergente* ABCD, che ha la base BC più larga della bocca AD, si riempia d'acqua, il fondo BC sarà premuto da una forza proporzionale all'acqua, che farebbe contenuta nel vaso aBCd. Imperocchè essendo la pressione come la base, e l'altezza moltiplicate, se si fa il prodotto di BC in Ba, averemo per la Geometria solida il cilindro aBCd. Per concepirlo conviene riflettere, che l'acqua nel vaso convergente è in uno stato violento, e sta in continuo sforzo di salire in alto; perchè se si concepisce divisa in tante colonne ugualmente grosse di quella, che corrisponde all'apertura AD, questa sola sarà più alta di tutte, e perciò premerà con maggior forza le altre d'intorno, di quello, che sia premuta dalle stesse. Onde tutte le colonne, che le stanno d'intorno premeranno la superficie BADC, e per la reazione di questa premeranno ancora la base BC, come se tutte fossero uguali a quella di mezzo, che è più alta. E di fatto se si farà un forame ovunque nella superficie BADC, l'acqua salirà fino all'altezza AD, detratta la resistenza dell'aria. Perciò la pressione esercitata dall'acqua ABCD equivalerà a quella dell'acqua contenuta in un vaso uguale al cilindro aBCd.

Tav. 20.  
Fig. 12.

819. *Esperienze*. Ciò che finora abbiamo esposto si conferma colle seguenti macchine. Sia il vaso ACDB, che abbia il fondo CD mobile, come descriveremo in appresso, a questo si fermi con una vite il tubo FE, dentro il quale passi la corda FEK attaccata nel centro del fondo mobile. Empluto d'acqua il vaso fino in GF s'attacchi all'estremità della bilancia, e dall'altra parte in N si ponga tanto peso, sino che il fondo CD cominci ad alzarsi, questo peso farà la misura della compressione dell'acqua contro il fondo CD. L'esperienza dimostra, che tanta è la compressione, quanta quella dell'acqua, che si conterrebbe in un cilindro uguale ad HCDF. E ciò è molto conforme alla ragione, perchè se supponiamo, che il fondo CD s'innalzi fino in LO

la

la quantità dell'acqua contenuta nello spazio LCDO, dovendo adattarsi nel tubo EM più stretto, dovrà compensare la strettezza coll'altezza; onde se la base E sia 10 volte più piccola di CD, farà EM 10 volte più alto di CL; e perciò l'acqua in EM descrivendo 10 volte più spazio, avrà 10 volte più velocità, perciò la celerità di tutte le parti del fluido nell'altezza FK sarà come FK in CD.

820. Il fondo mobile, con cui si fanno tutte l'esperienze delle pressioni de' fluidi è un vaso di metallo GF aperto da una parte, e dall'altra, che si ferma con vite al piede IH, che ha tre gambe, una delle quali si vede in eb colla sua vite a, colla quale si ferma all'anello HI. La base mobile è composta di quattro pezzi, P, M, di metallo, O, N di pelle ingrassata con olio. Si mettono uno sopra l'altro, come sono in figura passando la vite x per gli forami di mezzo. Questa base mobile si mette dentro il vaso EG, e l'asta Md si fa passare nel forame di mezzo della sbarra D, la quale si incassa nell'orlo E, acciocchè la base stia dritta. In d s'attacca la catena L, che passa dentro il vase divergente, o convergente, come nella figura 14, che si ferma con vite in E. La base mobile col vaso si rappresenta dalle lettere sqpr, che si pone dentro la cassa tru, a un lato della quale si ferma coll'asta q inferita nell'anello q, nmorè il vaso divergente, che si sospende dal braccio l della bilancia, la quale s'unisce all'uncino e, sostenuto da un alto tre piede f, g; opdg fa le veci di vaso convergente. No è un imbuto per comodità di versare l'acqua nel tubo. In L è attaccata la fune M, che tiene il fondo mobile; a ce i sono pezzi di piombo per tener il vaso compresso a terra, quando s'adopera il vaso convergente, si mette prima in E della figura 13 il coperchio C, e alla vite B si ferma il tubo A.

821. Esperienze. Quindi possiamo con piccola quantità d'acqua sollevare gran pesi. Si faccia il vaso colle basi MN, RK di legno coperto di vernice, e il contorno MSRKTN di pelle ingrassata con olio. Se gli unisca il tubo CD di varj piedi d'altezza, benchè sia stretto. Sopra la base MN si mettano varj pesi E, F, G, H, infondendo l'acqua in C, questa scela tra un fondo, e l'altro alzerà i pesi benchè considerabili, perchè premuta dalla piccola quantità d'acqua, che si truova nel tubo CD, la quale ha tanta forza, quanta è quella che si conterrebbe in un vaso della base RK, e dell'altezza RC. Wolfio come riferisce nella sua Meccanica con un sottile tubo alto 14 piedi innalzò libbre 800. Collo stesso metodo inventò il

Tav. 20.  
Fig. 13.

Tav. 20.  
Fig. 14.

Tav. 21.  
Fig. 1.

Tav. 21.  
Fig. 2.

Tav. 21.  
Fig. 3.

Wolffio il suo tubo Anatomico, che è un vaso di metallo DEGF, a cui sta connesso il tubo FIIH alto alquanti piedi. Il vaso è aperto in FD, e ivi s'attacca fortemente la Membrana Anatomica di qualche uomo, o animale, le cui parti si vogliono osservare, le quali per la sensibile pressione, che fa l'acqua nel tubo HF, si vedranno con tutta la distinzione.

Tav. 21.  
Fig. 4.

822. Con ciò si spiega, perchè posto il vaso d'acqua DAK nella scodella HE d'una bilancia, ed equilibrata dall'altra parte col contrappeso, se la scodella HE sosterrà solamente il fondo mobile del vaso, e perciò la sola pressione dell'acqua, la quale sia alta per esempio fino in FM, e s'accosterà la bilancia al legno AB attaccato alla sbarra BC, ed immergerassi questo nel vaso, cosicchè l'acqua s'alzi per esempio in GO, traboccherà immediatamente la bilancia da questa parte, perchè l'altezza del fluido è cresciuta. Quindi Pietro

Tav. 21.  
Fig. 5.

Polinier nato a *Couloncc* in Normandia nel 1671., nelle sue esperienze di Fisica stampate a Parigi nel 1741., nel tomo primo esperienza 6. sopra il moto de' corpi duri, e de' fluidi, insegnò la maniera d'innalzare col fiato grandissimi pesi. Si preparino quattro vesciche D, E, F, C alle quali siano attaccati quattro piccoli tubi, che si uniscono col tubo di mezzo O lungo 16 pollici, che ha di diametro due linee, e in O una chiave da aprire, e chiudere; sopra le vesciche si ponga la tavola ML, e sopra questa molti pesi. Soffiando nel tubo dopo aver aperta la chiave si gonfieranno le vesciche, ed inalzerassi un peso considerabile. La ragione di ciò è evidente, perchè i fluidi esercitano la loro pressione da per tutto ugualmente, onde la superficie delle quattro vesciche sarà la base del vaso, e l'altezza sarà quella stessa del tubo. Quello, ch'abbiamo detto de' vasi cilindrici si può facilmente applicare anche a' vasi di qualunque altra figura.

## DELL' EQUILIBRIO DE' FLUIDI.

Tav. 21.  
Fig. 6.

823. **P**ER determinare l'equilibrio de' fluidi sogliono gl' Idrostatici servirsi de' tubi di vetro, o di qualunque altra materia in qualsivisa modo incurvati AC, DF, detti perciò tubi comunicanti, AC, FD si dicono le braccia.

PROPOSIZIONE XXI.

*Ne' tubi comunicanti di qualunque figura, e comunque inclinati, posto un fluido, sarà in equilibrio ad uguali altezze.*

824. **S**iano i tubi di braccia uguali, come nella figura 6, e dritti all'orizzonte, o inclinati, come nella figura 7, o disuguali di braccia, come nella figura 8, o disuguali, e inclinati, come nella fig. 9. Se da un braccio, per esempio A, s'infonda un liquore, scenderà per lo proprio peso in C, e colla velocità acquistata salirà nell'altro braccio DE, reciprocando il moto per qualche tempo, sino che fermerassi ad uguali altezze BC, ED. Perchè le pressioni sono, come le basi nelle loro altezze; ma questi tubi hanno la base comune, perchè essendo comunicanti ovunque, essa si prenda tra C, D, sempre sarà comune all'uno, e all'altro tubo. Dunque trattandosi d'equilibrio, cioè di pressioni uguali dovranno queste farsi ad uguali altezze; dove arrivati non potendo la pressione BC superare quella del fluido ED si fermeranno. Come dovea dimostrare.

Tav. 11.  
Fig. 6.  
7. 8. 9.

825. Per illuminare la mente, quando le braccia sono disuguali in diametro. Sia il braccio ED due volte più capace di BC; dopo che è arrivato ad uguale altezza in amendue le braccia, fingiamo, che nel braccio ED scenda per un pollice sino in m; essendo CB due volte più stretto, dovrà la quantità di fluido Em salire per due pollici Ba, an; perciò il fluido nel braccio due volte più stretto, quantunque sia due volte di minor massa, ciò non ostante ha doppia velocità; e perciò il suo momento è uguale al fluido maggiore.

Tav. 21.  
Fig. 8.

826. *Esperienze.* Per comprovare quanto abbiamo dimostrato intorno all'equilibrio de' fluidi, si facciano i tre vasi di vetro comunicanti AC, FD, ED, uno de' quali è inclinato, ovunque si mette un liquore salirà ancora negli altri finchè arrivato ad uguali altezze B, E, E, ivi si fermerà.

Tav. 21.  
Fig. 10.

827. Da questa proposizione dipende la ragione, per la quale qualunque fluido posto in un vaso si compone a livello, cioè forma una superficie piana. Perchè se si concepisca diviso in tante colonne uguali, o disuguali in grossezza, sempre queste s'equilibreranno ad uguali altezze. Ma essendo la terra di figura sferica, e i gravi scendendo verso di questa per linee perpendicolari alla sua superficie, ne seguirà, che le

R r z

super-

superficie de' fluidi non saranno realmente piane, ma sferiche, lo che s' osserva sensibilmente ne' gran tratti di mare, e ancora facendoci attenzione, ne' minori. Quindi ancora si spiega, perchè gli uomini, che vanno sott' acqua, detti *urinatori* non scendendo a profondità maggiori di 32 piedi non sentono il peso delle acque, che loro sovrastano, e a maggiore profondità si sentono tutto il corpo più compresso, che nell'aria, ma da per tutto ugualmente.

PROPOSIZIONE XXII.

*In qualunque tubo comunicante, se si pongono due fluidi, si farà l' equilibrio, quando sono ad altezze reciproche a' loro pesi.*

TAV. 21.  
Fig. 11. 12.

828. **Q**Uando le gravità assolute de' corpi sono uguali, allora si darà l' equilibrio, da queste dipendendo le pressioni §. 808. Ma quando le gravità assolute s' uguagliano, le gravità specifiche sono inversamente come i volumi §. 803.; o pure come l' altezze, perchè qui si tratta di tubi comunicanti, i quali hanno la stessa base; dunque s' equilibreranno i fluidi eterogenei ad altezze reciproche alle loro gravità specifiche. Sia posta in FD acqua, in AC mercurio, che è 14 volte più pesante dell' acqua; se BC sarà un dito di mercurio, DE dovranno essere 14 dita di acqua per pesare tanto, quanto è il peso dell' argento vivo; onde nell' equilibrio, saranno le gravità specifiche inversamente, come le altezze. Ciò che dovea dimostrare.

829. Questa proposizione, come la precedente si verificano ne' tubi non solo cilindrici, come noi per maggior chiarezza abbiamo supposto, ma cubici, o di qualunque altra figura si sia, e comunque inclinati; purchè però i loro diametri non siano minori di due linee Parigine di pollice. In questo caso sono soggetti a leggi diverse, che dipendono dalla forza attraente, come esporremo in fine dell' Idrostatica.

DEL MOTO DE' FLUIDI, CH' ESCONO  
DA' VASI, O SALGONO.

830. **I**N questa parte d' Idrostatica parliamo del moto, che hanno i fluidi, quando escono da un forame fatto in fondo del vaso

etc

ove sono contenuti, o pure quando escono da' zampilli, e formano delle fontane. Il forame, da cui escono vien detto il *lume*, vicino a questo s'applica una chiave, per non dar adito all'acqua, che quando si vuole. Non è così facile il determinare ciò che accader debba a' fluidi, quando escono da qualche lume. Molte cause esteriori sturbano il loro moto; le principali sono la coerenza delle parti de' liquori, l'urto, che ricevono nell'uscire da' labbri del lume, e da' lati del tubo; la resistenza dell'aria, e varie altre, che è molto difficile ridurre a calcolo. Noi perciò prescinderemo da qualunque cagione di resistenza. Il teorema fondamentale di questa parte è il seguente.

PROPOSIZIONE XXIII.

*Le velocità dell'acqua, ch' esce da' forami de' vasi, sono in ragione suduplicata delle altezze diverse dell'acqua.*

831. **P**ER dimostrare questa proposizione sia il vaso AB DC; e in esso si faccia al fondo il buco G, se l'altezza dell'acqua corrispondente al forame G sia sul principio GK, e successivamente uscendo GH, farà la velocità dell'acqua sul principio a quella, quando è arrivata in H, come  $\sqrt{GK} : \sqrt{HG}$ . Imperocchè le velocità, colle quali l'acqua esce, sono come le pressioni sopra il forame G, le quali nascono dalla gravità; ma le accelerazioni prodotte dalla gravità sono, come le radici quadrate degli spazj; dunque le velocità, colle quali esce l'acqua, faranno come  $\sqrt{GK} : \sqrt{HG}$ . Come dovea dimostrare.

Tav. 21.  
Fig. 13.

832. E per verità le particelle del fluido si muovono di moto accelerato; dunque le prime, che escono, faranno più veloci delle seconde, perciò non potranno queste esser accelerate dalle prime, onde caderanno tutte, come tanti corpi separati, e seguiranno le leggi dell'uniforme accelerazione. Dunque se uscendo l'acqua da un vaso con una data velocità, vogliamo obbligarla ad uscire con doppia velocità, si dovrà far cadere da quadrupla altezza; perchè acquisti velocità 3, l'altezza dell'acqua dovrà esser 9.

833. Da questa proposizione ancora ne nasce, che le velocità, colle quali esce l'acqua da' forami E, G sono uguali a quelle, che acquisterebbero cadendo due corpi dall'altezze OE, KG.

834. *Espe*

834. *Esperienze.* Confermò questa proposizione il Marchese Poleni in questa maniera. Al fondo d'un vaso alto 13 piedi applicò un tubo lungo sette linee, il di cui diametro era tre linee. Riempitolo d'acqua osservò, che in un minuto primo uscirono 905 pollici cubici d'acqua. Se ci immaginiamo, che questa quantità d'acqua formi una colonna, la di cui base abbia per diametro tre linee, per esser eguale a 905 pollici cubici, dovrà esser alta 1546. Onde in un minuto primo di tempo un volume d'acqua uguale al forame di tre linee descriverà 1546 piedi. Secondo l'esperienza fatta dal Galilei, e dall'Ugenio cadendo un corpo dall'altezza di 12 piedi acquista una velocità, con cui può descrivere in un minuto 1493 piedi; onde cadendo dall'altezza di 13 piedi, come è quella del vaso, potrà descrivere per la regola di proporzione 1680 piedi; ma l'acqua ne fece 1536; dunque computando le resistenze, che incontra nell'uscire, resta abbastanza confermata la teoria dalla esperienza.

835. Dalla stessa proposizione ne siegue, che la quantità dell'acqua, che esce da un lume, è come la radice quadrata dell'altezza. Perchè con quanto maggiore velocità esce l'acqua, tanto più gran quantità n'esce; ma la velocità è come la radice quadrata dell'altezza; dunque ec.

836. Ne viene inoltre, che la quantità dell'acqua, la quale esce da un lume, decrefce come i numeri dispari naturali 7, 5, 3, 1. Imperocchè §. 835. decrefce come la radice quadrata delle altezze diverse; onde si può il suo moto paragonare a un grave, che sale in alto; ma in questo gli spazj decrefciono, come i numeri dispari naturali §. 397., dunque ec.

837. Se nel fondo di due tubi si facciano due forami uguali, e sopra essi l'acqua sia ugualmente alta, la quantità dell'acqua, che esce da amendue, sarà come la radice quadrata delle altezze. Se in due tubi sono uguali l'altezze, e disuguali i lumi, le quantità dell'acqua, che escono da essi, saranno come i lumi stessi. Perchè se il primo lume al secondo come 1, a 2; offendo le quantità dell'acqua, come le radici quadrate dell'altezze, al doppio lume corrisponde doppia altezza, e perciò doppia quantità dell'acqua uscirà da questo. Dunque le quantità d'acqua, ch'escono da lumi, saranno come i lumi stessi.

838. Ciò che abbiamo detto dell'acqua, la quale esce da vasi perpen-

pendicolari, può applicarsi ancora nella stessa maniera a' tubi inclinati all'orizzonte, e con questo farsi strada per determinare il moto delle acque correnti.

839. Sin ora abbiamo considerato la velocità, che nasce dal peso dell'acqua semplicemente; ma oltre questo può ancora considerarsi l'impulso, che ricevono l'acque da quelle, che sono loro a' lati, e fanno sforzo d'uscire anch'esse. Imperocchè quando il fluido esce dal forame FG, viene a formare nel vaso la figura EFGH più larga di sopra, e più stretta di sotto, come l'esperienza dimostra; onde acquista la figura d'un cono, la cui punta è nell'acqua fuori del vaso, come di fatto s'osserva, contemplando l'acqua stessa uscita, quando è a qualche distanza dal forame FG. Considerando il Newton questa nuova cagione nel cor. 2. della propo. 36. del lib. 2. conchiude, che il fluido esce dal lume FG con quella velocità, che acquisterebbe scendendo dalla altezza doppia di BE. Lo stesso in maniera non molto diversa dimostrò Jurin nelle Transazioni Inglese al numero 355, e Giacomo Keill *Tentamine* 3: contro questa opinione scrisse Michelotti nel suo libro *de Secretione fluidorum in corpore animali*, negando, che il fluido nell'uscire da' vasi abbia la figura conica; perciò conclude, che la velocità, con cui esce, è quella stessa, che acquisterebbe cadendo dalla semplice altezza EB. A Michelotti rispose nel 1722. al numero stesso Jurin, e a questo replicò il Michelotti nel 1724. Contro Michelotti inorse il Conte Giacomo Riccati, e contro questo scrisse Danielo Bernulli nell'Esercitazioni stampate a Venezia nello stesso anno. Al Conte Riccati pare, che sottoscrive Eustachio Manfredi, nelle note al trattato di Guglielmini *de Natura fluminum*. Questa lunga questione si vede diffusamente esposta nell'appendice al capo 2. dell'acque correnti di Bernardino Zendrini.

TAV. 21.  
Fig. 14.

840. Sin ora abbiamo considerato la velocità dell'acque, che escono da' lumi semplici; conviene ora parlare dell'uscire dell'acqua, quando a' lumi s'applica un tubo. Mariotte fu il primo ad osservare, che l'acqua uscendo da' lumi armati con qualche tubo, va con maggiore celerità, che da' semplici, così dimostrandolo nel volume 2. delle sue Opere.

841. *Esperienza*. Empiuto un vaso, che conteneva un piede cubico d'acqua, applicò al suo fondo un tubo di sei piedi largo un'oncia, l'acqua uscì in 37 minuti secondi; tagliando in mezzo il tubo, dalla sua metà uscì fuori tutta in 45 secondi, levandolo interamente v'impiegò ad uscire 95 secondi.

842. La

842. La ragione di ciò deve ripeterfi dallo sforzo, che fanno per uscire le partilaterali dell'acqua uguale allo sforzo di quelle, che sono al forame perpendicolari; dalquale nasce, che quando sono fuori del fondo, lateralmente urtandola colonna di mezzo perpendicolare la deviano dal retto cammino, e perciò diminuitcono la sua forza, o il suo urto diretto. Per lo contrario se il forame è armato di tubo, da'lati di questo è determinata tutta l'acqua a scendere con una direzione, ondela sua velocità resta intera.

843. Quando l'acqua scende acquista una velocità, colla quale può risalire ad uguale altezza, se in alto venga diretta; lo che abbiamo dimostrato colla sperienza, parlando de'tubi comunicanti, o colla teoria, quando esaminammo il moto de'gravi liberamente cadenti. Da ciò nasce la dottrina de' *Fonti detti Salienti*, e delle *Fontane*. Perciò se dopo che l'acqua è scesa da un vaso per qualche tubo unita al suo fondo, questo si faccia ritorcere all'in su determineremo la colonna dell'acqua a salire alla stessa altezza, da cui è discesa; e questa colonna d'acqua, che tale si chiama *Getto*, *Butto*, o *Filodell'acqua*.

844. La dottrina de'*Getti artificiali* fa strada a concepire quella da'*Getti naturali*. Quando l'acqua scende da un monte sotterraneamente per la sua declività verso il mare se truova qualche apertura in terra, scaturisce per essa, e produce il getto naturale, che noi chiamiamo fontana. L'altezza da cui discende nel monte è un braccio, l'altezza a cui sale nell'uscir fuori da terra, e l'altro braccio del tubo comunicante. Perciò tutto quello, che abbiamo detto di questi, può ancora applicarsi alle Fontane. Ma siccome i tubi comunicanti si fanno di metallo, o di vetro, che sono materie levigate, e l'acqua arrivata al fondo di questi immediatamente risale; per lo contrario nelle fontane naturali l'acqua o scorre irregolarmente per le viscere della terra, o va per condotti, truova molte resistenze nel suo corso, nè tosto che è scesa risale, ma deve scorrere per lo più lunghi tratti di paese; così nell'applicare la dottrina de' tubi comunicanti alle fontane, o getti naturali, dobbiamo aver sotto l'occhio tutte le cause, che ritardano il moto delle acque.

845. La *prima causa* della resistenza è l'aria esteriore, che resiste all'acqua quando esce, e l'aria del condotto, che essendo assai lungo trattiene l'acqua considerabilmente nella discesa. Quanto all'aria del condotto si rimedia facilmente, attaccando lateralmente ad

ad esso ogni tanti passi un altro condotto rivoltato all'in su, e più alto della sorgente, acciocchè nello scendere l'acqua, spingendo l'aria possa questa aver pronto l'esito lateralmente, nè resti condensata nel condotto, ove scorre l'acqua, che deve produrre la fontana. Questi laterali condotti si chiamano *sfiatori*. Per quello poi, che concerne la resistenza dell'aria esteriore contro al getto dell'acqua, non v'è alcun modo d'evitarla, e resta solo da osservare, che se il getto è grosso, la resistenza dell'aria sarà sensibile, e diminuirà sensibilmente la velocità, e perciò l'altezza, alla quale sale l'acqua. Se il butto è sottile, allora la resistenza tutta s'impiega a disperdere in gocce il getto medesimo, e perciò non molto diminuisce la sua velocità. Il celebre Mariotte nel Trattato delle acque par. 4. discorso 1. determina l'altezza, onde deve cadere l'acqua, acciocchè possa arrivare ad una data altezza, e computando la sola resistenza dell'aria. Quest' altezza, onde deve cadere, sarà necessariamente maggiore di quella, ove deve salire, per compensare questa specie di resistenza. Siccome può essere una tal tavola di molto lume, così ho giudicato necessario di porla.

<i>Altezza del Getto.</i>	<i>Altezza che si deve dare al recipiente dell'acqua.</i>	
Piedi.	Piedi.	Pollici.
5	15	1
10	10	4
15	15	9
20	20	16
25	25	25
30	30	36
35	35	49
40	40	64
45	45	81
50	50	100
60	60	144
70	70	196
80	80	256
90	90	324
100	100	400

846. La *seconda causa* della resistenza è la velocità, colla quale scende l'acqua, che essendo come quella di tutti i gravi, tale da far ad

essa descrivere 15 piedi Parigini in un secondo, fa che l'acqua urti ne' lati del condotto, e perda porzione di quella velocità, che ha acquistata nel discendere. A questo effetto si restringa il lume del getto, così si accrescerà la sua velocità, per compensare quella, che ha perduta nella discesa; e si faccia il condotto, onde discende largo più che si può. Lo stesso trovò conforme alla sperienza il Musschenbroek nel suo saggio di Fisica cap. 23. §. 775.

847. *La terza causa* della resistenza è il labbro del tubo, onde esce l'acqua. Credono alcuni evitar l'urto con fare l'estremità del tubo in forma di cono; ma l'esperienza ha insegnato, che se per un tubo conico sale all'altezza di 12 piedi, facendo uguale l'estremità del tubo sale a 15 piedi, come attesta il Mariotte.

848. *La quarta causa* è la gravità stessa delle parti dell'acqua; perchè il moto dell'acqua, salendo in alto è uniformemente ritardato, onde le parti, che sono prima uscite ritardano col loro peso, quelle, che vengono in appresso. Questa è la principale causa della resistenza nelle acque, che salgono, come osservò il Wolfio con replicate esperienze, e riferisce nel cap. 1. §. 51. dell'Idraulica, avendo più volte osservato, che l'acqua quasi all'istessa altezza sale nel voto, che nel pieno. Per evitare questa specie di resistenza, basta inclinare un poco l'estremità del tubo; subito s'observerà, che l'acqua sale a maggiore altezza.

849. Da tutte queste resistenze ne nasce, che l'acqua non sale mai a quella altezza, onde è discesa. A tutte queste cause conviene ancora aggiungere le scabrosità, che incontra l'acqua ne' condotti, la tortuosità de' medesimi; quando ora salgono, e ora scendono per l'irregolarità delle strade, nel qual caso essendo l'acqua obbligata a salire per qualche palmo prima d'esser giunta al luogo destinato perde porzione della velocità, che avea acquistata. Per evitare questa specie di resistenza è necessario collocare i condotti dalla sorgente fino al luogo destinato, che sempre discendano, e formino un piano inclinato, almeno più che è possibile. Quindi è nata la necessità di dover *livellare*.

850. *L'arte del livellare* è quella, che insegna a determinare, se il luogo, da dove si deriva l'acqua è più alto di quello, ove deve per condotti condursi. La *livella* è un istromento, col quale determiniamo un piano orizzontale, e per mezzo di questo l'altezza di un luogo sopra un altro.

851. Un

851. Un femicircolo, una quarta parte di cerchio, la squadra, un tubo di vetro possono servire di livella, ma conviene, che siano grandi; altrimenti si può commettere un errore di 5 minuti, e ancora di mezzo grado. Tra tutti questi scegliamo la squadra, e il tubo di vetro.

852. Si faccia l'asta di metallo AB, lunga tre piedi, e nel suo mezzo vi si unisca l'asta CD un poco incavata per ricevere il filo col piombo. In A, B si facciano due forami quadrati, detti *travardi*, o *alidade*, o *diottre*, che si corrispondono perfettamente con tutti e quattro gli angoli. Si applichino a ciascun forame le due diagonali di seta nera, che perciò s'incrocicchieranno nel mezzo, e il centro del quadrato A corrisponda nella stessa linea orizzontale con quello di B. In m, n vi siano due uncini ugualmente alti. Si stenda nella campagna una fune non molto lunga sopra due bastoni non molto alti, alla quale si sospenda cogli uncini la livella. Se il filo a piombo caderà nel mezzo del canale CD, la fune farà orizzontale; altrimenti deve alzarsi, o abbassarsi, fino che il filo sia esattamente perpendicolare.

Tav. 21.  
Fig. 15.

853. Un'altra specie di livella descrive il Padre Riccioli nella Geografia riformata lib. 6. capo 26. §. 8., della quale si servì con molto successo in più occasioni. Sopra una riga AB lunga 12, o 20 piedi, incavata al di dentro s'applichi un tubo di metallo, ch'escia fuori colle due braccia AE, BF perpendicolari alla riga stessa. In C, D si fermino con vite i due tubi di cristallo CE, DF. Aprendo uno di questi si riempia tutto il tubo di metallo per esempio dalla parte C, fino che l'acqua, che deve essere colorita, arrivi in F. Si unisca al mezzo dell'asta una palla d'ottone, o di legno solida, che vada dentro una cassa rotonda G, cosicchè in essa possa facilmente girarsi, e resti dovunque si volta. Sotto questa cassa vi sia il tubo M della stessa materia, il quale s'inferisce dentro un bastone, per poterla nelle occasioni per mezzo di questo piantare in terra. Collocato in questa maniera col bastone perpendicolare alla terra, si muova la riga AB sopra la palla G, fino che l'acqua sia ad uguali altezze nelle due braccia AH, BI. Ponendol'occhio alquanto distante da H, e mirando in I, farà la linea HI orizzontale. Lo stesso ancora si può ottenere unendoci le *diottre* L, K, e guardando dove s'incrocicchiano i fili. L'occhio si deve tenere alquanto lontano in qualunque livellazione dalle diottre, o dalla sommità dell'acqua, che sta ne'tubi, accioc-

Tav. 21.  
Fig. 16.

chè i centri, o doves'incrocicchiano i fili, si cuoprano esattamente.

854. Altre specie di livelle descrive Piccard nel Trattato della livellazione capo 2. Couplet nelle memorie dell'anno 1699. Hartsoecker nelle miscellanee di Berlino, e negli atti di Lipsia del 1712. e Leupold nella quarta parte del Teatro Statico Universale.

Tav. 21.  
Fig. 17.

855. Stabilita la linea orizzontale possiamo prolungarla a qualunque distanza; perchè se la linea orizzontale sia AB, che sta sopra il bastone perpendicolare GM, mettendo l'occhio in A, e mirando per B, si veda, dove il raggio visuale AB va a terminare in un corpo lontano Dd, supponiamo in C, farà la linea orizzontale AB prolungata in C.

856. Per essere sicuri, che sia bene prolungata l'orizzontale, dopo aver posto l'occhio in A, e notato il punto C, si giri la livella intorno al punto G, cosicchè il punto A vada in B, e il punto B in A, e da questo si torni di nuovo a trguardare. Se AB prolungata cade in C come prima, farà ben determinata la linea orizzontale; perchè dati due punti A, B non si può tirare che una linea orizzontale. Ma se cade in un altro punto del corpo lontano Dd, allora divisa in mezzo la distanza di questi due punti, ivi caderà l'orizzontale AB prolungata. Imperocchè supponiamo, che nella prima situazione la livella fosse posta in FH obliqua all'orizzonte; trguardando per FH, il raggio visuale caderebbe nel punto D; se si rivolta la livella FH intorno a se stessa, non mutando l'angolo FGM, che fa col bastone, dovrà fGM essere uguale all'angolo FGM; e perciò la livella rivoltata si troverà nella situazione hf, onde collimando per hf, il raggio visuale caderà in d; dividendo adunque Dd in due parti nel punto C, farà ABC la linea orizzontale cercata. Questa operazione si chiama *rettificare la livella*.

Tav. 22.  
Fig. 1.

857. Posti questi preliminari, così deve farsi la *livellazione*. Debba l'acqua derivarsi dal luogo A, al luogo R, per determinare A sia più alto di R, come deve esserlo, acciocchè l'acqua sempre scenda, quando scorre da A in R; si piantino in R, T due bastoni Rq, TM perpendicolari alla terra, per situarli non possiamo servirci della squadra misurando l'angolo R se è retto, perchè il piano è irregolare, ma dobbiamo adoperare il filo col piombo, applicando in q l'estremità del filo, e osservando, se il piombo tocca il bastone qR. Si planti in P la livella, ovunque sia tra i bastoni, facendo che l'acqua ne' tubi sia ad uguali altezze ab, cd. Quindi posto l'occhio in c guardando

dando per a, si noti il punto N, dove l'orizzontale ca N termina, e collo stesso metodo posto l'occhio in a guardando per c, si noti il punto q; e poi si rettifichi la livella §. 856. Ciò fatto nella prima colonna della tavola sottoposta si noti P, 1, che significa la prima stazione fatta in P; nella seconda colonna, detta sinistra si noti l'altezza TN, dove cade l'orizzontale nel bastone sinistro, che sia piedi 3, once 10, linee 9; e nella terza colonna chiamata destra, l'altezza del bastone a destra Rq, che sia piedi 11, once 9, lin. 10; dovrà questa esser maggiore, se il punto R è più basso di T. Trasportato il bastone Rq in S a qualunque distanza dal punto T, si trasporti ancora la livella P in L, ovunque sia tra questi; e collo stesso metodo si notino i punti I, M; rettificata qui ancora livella, si noti SI nella colonna sinistra della tavola, TM nella destra; e siano la prima piedi 2, once 9, lin. 4, la seconda piedi 12, once 1, lin. 6. Lo stesso si faccia nella terza stazione G, e nella quarta C, notando nella tavola le altezze sinistre, e le destre. Sommati i numeri della seconda colonna che fanno 17, 2, 8; e que'della terza che sono 34, 4, 3, se questi che sono delle colonne destre, si trovano uguali a quelli, delle colonne sinistre, indicherà, che il punto A è ugualmente alto di R; se si trovano maggiori, come nel caso nostro, il punto A sarà più alto di R; onde sottraendo i primi numeri da'secondi, la differenza, che è piedi 17, once 1, lin. 7 dimostrerà quanto il punto A è più alto di R. Ma se trovansi minori, è segno, che il punto A è più basso di R; perciò in questo, e nel primo caso farà impossibile di fare uscire l'acqua per condotti; solamente nel secondo caso potrà farsi. Ma non dobbiamo però sperare, che questa arrivata in R s'alzi piedi 17, once 1, lin. 7 quanta è l'altezza onde cade; ma molto meno per le cause delle resistenze da noi addotte di sopra. La pratica insegnerà quanto di meno sia, non potendosi ciò determinare, perchè dipende dalla diversità delle resistenze, e della distanza AR. Per esser certi, che la livellazione sia andata bene, si replichi l'operazione dal punto A andando verso R, se le altezze sinistre, e destre confrontano, avremo operato bene. Tutte queste cautele sono necessarissime, non essendovi nella Geometria pratica più difficile operazione di questa.

## Tavola della Livellazione.

Stazioni.	Piedi.	Once.	Linee.	Piedi.	Once.	Linee.
P. 1	3 :	10 :	9	11 :	9 :	10
L. 2	2 :	9 :	4	12 :	1 :	6
G. 2	6 :	3 :	5	3 :	3 :	7
C. 1	4 :	3 :	2	7 :	1 :	4
Somma.	17 :	2 :	8	34 :	4 :	3

## DEL MOTO DE' FLUIDI CONTRO I SOLIDI, E DELLA LORO RESISTENZA.

858. **Q**uando un fluido urta in un solido per una perpendicolare, si chiama *urto diretto*, se la linea è obliqua *urto indiretto*. La celerità, colla quale va il fluido nel primo caso si dice *assoluta*, nel secondo *relativa*.

## P R O P O S I Z I O N E XXIV.

*L'urto d'un fluido contro un corpo è in ragione composta della sua densità, della superficie del corpo, e del quadrato della velocità del fluido.*

859. **L'**Urto del fluido è come la sua massa moltiplicata nella velocità §. 350., ma la massa del fluido non è come quella del solido, perchè si muta, essendo maggiore a proporzione, che è più grande la superficie del corpo urtato, la densità, che ha il fluido, e velocità, con cui urta. Dunque l'urto sarà in ragione composta della superficie del corpo, della densità, e quadrato della velocità nel fluido. Come dovea dimostrare.

860. Onde se lo stesso fluido con uguale celerità urta due corpi diversi, faranno gli urti, come i volumi de' medesimi. Se lo stesso fluido urta corpi uguali con diversa celerità, faranno gli urti, come i quadrati di queste. Se lo stesso fluido con diversa celerità urta corpi disuguali, faranno gli urti, come i volumi, e i quadrati delle velocità. Se i fluidi diversi colla stessa velocità urtano corpi disuguali, faranno gli urti, come le densità de' fluidi, e i volumi de' corpi.

PRO

PROPOSIZIONE XXV.

*Se il fluido CA BD urta obliquamente il corpo AB; la celerità assoluta sarà alla relativa, come il seno dell'angolo CAF d'incidenza al seno tutto.*

TAV. 22.  
Fig. 2.

861. **S**IA AC la intera assoluta del fluido, calata CF perpendicolare esprimerà questa la forza, colla quale urta nel corpo AB. Dunque la velocità assoluta starà alla relativa, come CF: CA. Ma facendo centro in C, intervallo CA, questa linea è seno tutto, il perpendicolo CF è seno dell'angolo CAF, con cui urta il fluido nel corpo AB; dunque ec. Come dovea dimostrare.

862. Da questo teorema ne viene in conseguenza, che nell'urto diretto più massa di fluido va contro il corpo, che nell'obliquo; perchè la velocità intera è, per lo teorema, maggiore della assoluta, e quanto più velocità hanno i fluidi, tanto maggior quantità di questi scorre in un dato tempo.

PROPOSIZIONE XXVI.

*Se due corpi con celerità diverse si muovono dentro i fluidi eterogenei, le resistenze, che ricevono, sono in ragion composta del volume, e de' quadrati della velocità de' corpi, e delle densità de' fluidi.*

863. **S**UPPONETE la prop. 24., e che mentre il fluido urta nel solido, questo diventi fluido, e il fluido si cangi in solido, amendue della stessa densità vicendevoles; lo stesso farà, che il fluido urti nel solido, o il solido nel fluido. Ma nel primo caso per la prop. 24. l'urto era come la densità, e il quadrato di velocità del fluido, e il volume del solido; dunque nel secondo caso la resistenza, che oppone il fluido, farà come la sua densità, e il volume è quadrato di velocità del solido.

864. Nasce da questa proposizione, che se due corpi di volume diverso si muovono nello stesso, o fluidi uguali, con velocità diverse, le resistenze, che incontrano faranno come i loro volumi moltiplicati ne' quadrati delle loro velocità. Perciò chiamate le resistenze R, r; i volumi U, v; le celerità C, c; farà  $R: r:: UC^2: vc^2$ ; quindi

di apparisce l'eccezione data alle sperienze de' gravi cadenti fatte da' PP. de Chales, e de Lanis §. 551.

865. Quindi se due corpi dello stesso volume si muovono in fluidi della stessa densità, le resistenze, che incontrano, faranno come i loro quadrati di velocità. Se per esempio uno di questi si muove con doppia velocità dell'altro, incontrerà quattro volte più resistenza. E di fatto riceve dall'inerzia della massa del fluido una resistenza, e un'altra uguale ne riceve dalla massa maggiore, che esclude di fluido nel tempo stesso, perchè va con maggiore celerità.

866. Onde se due corpi disuguali si muovano colla stessa velocità in fluidi della stessa natura, le resistenze, che incontrano, faranno come i loro volumi; quello che ha maggior volume esperimenterà più resistenza di quello, che ne ha meno. Quantunque chiaramente s'è dimostrato, che la resistenza de' fluidi siegue la proporzione, che abbiamo stabilita: e le continue osservazioni chiaramente dimostrino lo stesso, ciò non ostante molte dispute sono state fatte, e durano presentemente intorno la stessa, che giudico molto utile esporre dalla loro origine.

867. Galileo Galilei, che fu il primo, il quale diede le leggi del moto, per la spiegazione de' fenomeni naturali, fu obbligato a prescindere dalla resistenza de' mezzi, ne quali si muovono i fluidi; non già perchè non sapesse, che i fluidi resistono a' corpi, che si muovono in esso loro; ma perchè a' suoi tempi non era ancora molto avanzata la scienza Meccanica.

868. Wallis fu il primo, che tentò di determinarla col supporre, che la resistenza de' fluidi parlando dello stesso corpo, e dello stesso fluido fosse, come la velocità, colla quale il corpo si muove in esso. Questa opinione fu combattuta dall'Ugenio; e il Newton ne' suoi principj, e lo's Gravesande la dimostrarono contraria alle sperienze. Newton a lungo esamina ciò che si può dire intorno all'ipotesi di Wallis, che fa la resistenza, come la velocità, e d'Ugenio, che la stabilisce come il quadrato della velocità nel lib. 2. de' suoi principj Sezione 1. 2. 3.; e conclude, che la resistenza d'un fluido contro lo stesso corpo è come la velocità semplice, e il suo quadrato sommati insieme.

869. Contro a questa opinione scrisse il Conte Giacomo Riccati una particolare Dissertazione inferita nel tom. 2. de' Supplementi del Giornale Italiano stampato a Venezia nell'anno 1722. articolo 8.: dimostra

mostra in questa dissertazione, che questa ipotesi è impossibile, perchè si suppone, che la resistenza de' fluidi siegua in parte la semplice velocità. A caso, come egli confessa, s'incontrò a dimostrare questa ipotesi impossibile, cercando il moto d'un pendolo cicloidale in un fluido, che resiste, come la velocità dello stesso pendolo. Sciogliendo questo problema per mezzo del calcolo integrale speditamente, e con somma facilità, come è il suo costume, deduce, che nell'ipotesi di Wallis, scendendo è il pendolo cicloidale da qualunque altezza, si diminuirebbe tanto la sua velocità, che non potrebbe più salire ad un'altezza corrispondente, e perciò in brevissimo tempo cesserebbe di oscillare, lo che è contro tutte le osservazioni.

870. La dimostrazione del Riccati, quantunque sia vera per quello che riguarda l'opinione di Wallis, ciò non ostante non distrugge l'ipotesi del Newton, come lo stesso Riccati confessa. Onde non essendovi alcuna ripugnanza di ammettere la resistenza ne' fluidi, come il quadrato della velocità, resta perciò intatto il metodo adoperato nella proposizione per determinarla.

### DEL MOTO, ED EQUILIBRIO DE' FLUIDI, E DE' SOLIDI.

871. **Q**Uando un corpo solido s'immerge dentro un fluido esclude un volume di fluido ad esso uguale, che diremo in appresso, *la mole antagonista*. Essendo l'azione sempre uguale alla reazione, ne viene in conseguenza, che la mole antagonista dovrà agire contro il solido immerso con quella stessa forza, colla quale questo le opera contro. Ma tutta la forza del solido nello escludere la mole antagonista del fluido nasce dal suo peso; dunque dal paragonare il peso specifico del solido, e del fluido, nascerà la maniera di determinare il loro moto.

872. Tre casi possiamo distinguere, quando un solido s'immerge in un fluido. Primo quando il corpo è della stessa specifica gravità del fluido. Secondo quando l'ha maggiore. Terzo quando l'ha minore. Questa parte dell'Idrostatica fu coltivata ancora dagli antichi, come apparisce dal libro *de Insidentibus humido* di Archimede, che si truova nell'Opere di Barrow già citate altrove.

*Un corpo solido immerso in un fluido se è della stessa specifica gravità, ovunque si ponga, si ferma, e perde tutto il suo peso. Se è di maggior peso, va al fondo, e perde una gravità uguale alla mole antagonista. Se ha minor peso, lo perde tutto, galleggia in parte, e il volume del fluido uguale alla parte di esso immersa, pesa come tutto il solido.*

873. **S**ia un corpo solido ugualmente grave del fluido, se in sua vece si ponga una mole antagonista, questa, ovunque sia nel fluido, non si moverà, nè eserciterà il suo peso, e farà in equilibrio colle altre parti del fluido. Dunque lo stesso accaderà al solido, quando è dello stesso specifico peso. Come dovea dimostrare in primo luogo.

874. Sia un corpo solido, o specificamente più grande della sua mole antagonista, la supererà, e obbligherà a salire; perciò se il solido P si lasci andare dalla mano D, andrà a fondo. Ma la mole antagonista q riagisce contro il solido P, dunque distruggerà in questo tanta porzione di gravità, quanto è il peso della stessa mole. Come dovea dimostrare in secondo luogo.

875. Sia il corpo P più leggiero del fluido; essendo la mole antagonista più pesante di esso, se s'immerga nel vaso ABCD, dove sta un fluido più grave, questo avendo maggior forza escluderà il solido, obbligandolo a salire in alto, e perciò perderà tutto il suo peso il solido escluso. Ma siccome per l'ipotesi la mole del fluido pesa più di quella del solido, così quando sarà escluso, tanto volume di fluido, quanto è il peso del solido, allora questo si fermerà a galla del fluido, e perciò un volume di fluido uguale alla parte immersa del solido peserà come tutto questo. Ciò che dovea per terzo dimostrare.

876. Dalla prima parte di questa proposizione si rende la ragione, per la quale noi non sentiamo il peso dell'acqua contenuta in una secchia; quando questa sta immersa ancora nel pozzo. Quindi si ricava la necessità del voto; imperocchè se l'aria fosse ugualmente densa, e grave, che il corpo che vi è posto, questo perderebbe in essa tutto il suo peso, e perciò niun corpo farebbe nell'aria grave. Ma questo è contro l'esperienza; dunque l'aria deve essere di molto minore densità de' corpi; e perciò essendo ogni parte di materia pesante, nell'aria dovranno esserci molti spazj affatto voti di materia.

877. Dalla seconda parte della proposizione si deduce, che se

un

Tav. 22.  
Fig. 4.

Tav. 22.  
Fig. 5.

un corpo farà due volte più grave del fluido, perderà la metà del peso. Perchè la mole antagonista peserà come la metà del solido; ma il peso di questa è quello, che perde il corpo; dunque perderà la metà del suo peso. Se il corpo farà tre volte più grave, perderà la terza parte del suo peso; se il peso del fluido sarà a quello del corpo, come  $1 : 4$ , perderà  $\frac{1}{4}$  del suo peso; e in generale se il peso del fluido è a quello del solido come  $1 : n$ , il peso perduto dal solido sarà  $\frac{1}{n}$ . Dunque quanto più pesa il fluido, tanto maggiore è il dispendio della gravità nel solido. Onde se nello stesso fluido s'immergano due corpi, che hanno densità diversa, e lo stesso volume, perderanno lo stesso peso assoluto, perchè escludono moli antagoniste uguali. Sia il primo corpo di libbre 4, il secondo di libbre 3, e la mole antagonista esclusa di libbre 1; amendue escludendo un'ugual mole, perderanno ugual peso assoluto, cioè una libbra, ma questo rispetto al primo corpo farà la sua quarta parte, rispetto al secondo la terza.

878. Si può ciò non ostante dare il caso, che un corpo solido più grave del fluido non vada al fondo, ma anzi salga. Sia il cilindro AZ coperto da amendue le parti, e abbia in A un fondo di cuojo pregno d'olio, nel cui mezzo sia un forame, che riceva il piccolo cilindro solido qA di metallo. Quando s'immerge il tubo AZ, tenendo colla mano, il piccolo cilindro qA non solo esclude la mole antagonista uguale di fluido FK, ma ancora FS; per cagione del cilindro AZ, che non dà adito all'acqua dentro di se. Onde se tutta l'altezza del cilindro di fluido SFK eguagli in peso il cilindro Aq, questo non farà alcun moto, ma se la colonna esclusa SFK pesa meno, allora scenderà il cilindro qA, scorrendo dentro il forame fatto nella pelle, verso il fondo CD. Se immergendo un poco più il cilindro ZA, per esempio sino in R, si escluda una colonna di fluido, che abbia maggior peso del cilindro qA, questo salirà in qa, quantunque sia più grave della mole antagonista uguale alla sua. Tutto questo è conforme alla sperienza, di cui non è difficile concepirne la ragione, perchè il cilindro in questa positura non esclude solamente la mole antagonista FK, ma un volume assai maggiore, perchè sta dentro il tubo AZ.

879. Da questa stessa seconda parte si ricava il metodo di determinare le gravità diverse in tutti i fluidi. Si sospenda un corpo assai pesante all'estremità d'una bilancia, e si equilibri con un contrappeso dall'altra parte. S'immergà poscia in fluidi diversi, perderà in

TAV. 22.  
Fig. 6.

essi tanto maggior porzione di peso, quanto è più grave il fluido: Si notino tutti questi pesi perduti ne' fluidi diversi, esprimeranno questi li pesi, che hanno altrettante moli antagoniste eguali a questi fluidi; onde la stessa relazione, che hanno questi pesi perduti, avranno ancora le gravità specifiche de' fluidi. Con questo metodo Eifenschmidio formò una tavola delle diverse gravità specifiche di varj fluidi, che hanno in tempo di state, e di verno, prendendone di ciascuno un pollice cubico Parigino.

*Tavola delle diverse gravità specifiche di varj fluidi.*

	D' Estate.			D' Inverno.		
	Once.	Dramme.	Grana.	Once.	Dramme.	Grana.
Argento vivo	7 :	1 :	66	7 :	2 :	14
Oglio di Vitriuolo		7 :	59		7 :	71
Spirito di Vitriuolo		5 :	33		5 :	38
Spirito di Nitro		6 :	24		6 :	44
Spirito di Sal Marino		5 :	49		5 :	55
Acqua forte		6 :	23		6 :	35
Spirito di Zolfo		5 :	34		5 :	39
Aceto		5 :	15		5 :	21
Aceto distillato		5 :	11		5 :	15
Vino di Borgogna		4 :	67		4 :	75
Acquavita		4 :	48		4 :	57
Spirito di Vino		4 :	32		4 :	42
Latte di Bufolo		5 :	20		4 :	25
Latte di Capra		5 :	24		5 :	28
Latte di Asino		5 :	17		5 :	21
Siero di Latte		5 :	14		5 :	19
Urina		5 :	14		5 :	19
Spirito di Urina		5 :	45		5 :	53
Olio di Tartaro		7 :	27		7 :	43
Olio di Olive		4 :	53		(	gelano
Olio di amendole dolci		4 :	52		(	gelano
Olio di Terebinto		4 :	39		4 :	46
Acqua di Mare		6 :	12		6 :	18
Acqua di Fiume		5 :	10		5 :	13
Acqua di Pozzo		5 :	11		5 :	14
Acqua distillata		5 :	8		5 :	11

## IDROSTATICA, E IDRAULICA. 333

880. Musschembroek nella sua Fisica forma un'altra tavola più accurata, esponendo la relazione, che passa tra le gravità specifiche in numeri razionali, e in parti millesime. Per esempio la gravità d'un volume d'aria è a quella d'un volume uguale d'acqua piovana, come  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{4}$  ad 1; all'acqua distillata, come  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{221}{1000}$  ec.

### *Tavola della gravità specifica d'alcuni liquori.*

Aria	0, 001, $\frac{1}{4}$	— di Vitriolo	1, 203
Balzamo di Tolù	0, 896	Olio d'ambra	0, 978
Butiro di Antimonio	2, 470	— di Cannella	1, 035
Acqua Piovana	1, 000	— di Cera	0, 831
— distillata	0, 993	— di Ginepro	0, 911
— del Pozzo	0, 999	— di Lino	0, 932
— di Fiumi	1, 009	— di Noce Moscata	0, 948
— di Mare	1, 030	— di Olive	0, 913
— Regia	1, 234	— di Rosmarino	0, 934
— Forte	1, 300	— di Terebinto	0, 792
Spirito di ambra	1, 030	— di Vitriolo	1, 700
— di Corno di Cervo	1, 073	Latte di Capra	1, 009
— di Nitro	1, 315	— di Vacca	1, 030
— di Nitro rettificato	1, 610	Sangue umano	1, 040
— di Sale ammoniaco appa-		— Siero dell' Uomo	1, 190
recehiato colla calce	0, 952	Tintura di Antimonio	0, 866
— di Sale marino	1, 130	— di Gomma ammoniacca	0, 899
— di Seta	1, 145	— di China China	0, 900
— di Tartaro	1, 073	Vino di Borgogna	0, 953
— di Terebinto	0, 874	— di Canarie	1, 033
— di Vino rettificato	0, 866	Aceto	1, 011
— di Vino etereo	0, 732	— distillato	1, 030

881. Di molto uso è questa tavola non solo nella Fisica, ma ancora nel commercio umano, e nella medicina. Quanto più i liquori sono leggieri, tanto più sono sani, e più facilmente passano.

882. Dalla stessa seconda parte di questa proposizione dipende la maniera, colla quale si determina la gravità specifica di molti corpi solidi. Ciò si fa sospendendo dall'estremità d'una bilancia diversi solidi uguali successivamente nello stesso fluido, e notando il peso, che perdono. La relazione, che passa tra i pesi perduti, dimostrerà quanto questi sono più gravi dello stesso fluido §. 877., e perciò ancora la proporzione, che passa tra i pesi di questi corpi. Supponiamo, che un corpo perda la quarta parte del suo peso, sarà quattro volte più pesante del fluido, e perciò il suo peso relativamente a quello del fluido farà come 4: 1. Perda un altro corpo la terza parte del suo peso nello stesso fluido, sarà tre volte più pesante di esso, perciò il suo peso a quello del fluido farà come 3. 1. Onde

il

il peso del primo corpo farà a quello del secondo, come 4: 3:

883. Con questo metodo sono state determinate le gravità specifiche di più corpi. Marino Ghetako una n'espone nel suo Archimede promosso. Ougredo ne diede un'altra negli Opusculi Matematici; a queste si aggiunge quella di Petit, e di Merfenne ne' Fenomeni Idraulici. Molte ancora se ne trovano nel volume primodelle transazioni Inglesi compendiate da Lowtorp al capo 6 carte 610; e più accurata di tutte è quella del Musschenbroek tomo 1. del saggio di Fisica, capo 24, quale come più esatta esporremo.

*Tavola delle gravità specifiche di più corpi.*

Acciajo flessibile	7, 738	— di Monte	2, 650.
— temperato	7, 704	Rame della Laponia	9, 000
— Elastico	7, 809	— di Svezia	8, 784
— Sale dello stesso	1, 830	— calcinato	1, 453
Alabastro	1, 872	— giallo fuso	8, 000
Ambrà	1, 040	— battuto	8, 349
Amianto	2, 913	Diamante	3, 400
Antimonio di Germania	4, 000	Stagno puro	7, 320
— di Ungheria	4, 700	— d'Inghilterra	7, 471
— il Regolo Marziale dello stesso	7, 500	Ferro	7, 645
— Vetro dello stesso	5, 280	Gomma Arabica	1, 375
Argento di coppella, o ottimo	11, 091	— Dragante	1, 333
— di Olanda il migliore	10, 535	— Ambra gialla, o fiasì Carabe	1, 065
— di Olanda più inferiore	10, 340	Litargirio d'oro	6, 000
Bezoar pietra Orientale	1, 530	— d'argento	6, 044
— l'istessa pietra Occidentale	1, 500	Marmo nero d'Italia	2, 704
Legno di Sandalo Bianco	1, 041	— bianco d'Italia	2, 707
— Citrino	0, 809	— altro	2, 718
— Rosso	1, 128	Argento vivo	13, 593
Legno di Cedro	0, 613	Distillato una volta:	13, 570
Legno di Ebano	1, 177	— sublimato	8, 000
Legno di Acero	0, 775	— due volte sublimato	12, 353
Legno di Frasso	0, 734	Mirra	1, 250
— di Tronco	0, 845	Nitro	1, 900
Legno di Ramo di Quercia	0, 870	— fissato per mezzo del fuoco,	
— di Tronco	0, 929	e ridotto in sale	2, 745
Canfora	0, 995	Oppio	1, 363
Corniuola	3, 290	Oro di coppella ottimo	19, 640
Carbone fossile	1, 240	— altro	19, 238
Cinnabro naturale	7, 300	— della Guinea	18, 888
— artificiale	8, 200	— de' ducati	18, 261
— di Antimonio	0, 044	— della doppia Francese	18, 156
Cera gialla, o fiasì vergine	0, 995	Osso di Vacca	1, 656
Corallo rosso	2, 689	— di Porco	2, 222
— bianco	2, 500	Pietra fanguigna	4, 360
Corno di Bove	1, 840	— Calaminare	1, 000
— di Cervo	1, 875	— della vescica umana	1, 700
Cristallo di Islanda	2, 720	— di Lazzuli	3, 054
		Pece	1, 120

Corteccia di Perù	0, 784	— Vitriuolato	2, 298
Talco di Venezia	2, 780	— Vitriuolo di Danzica	1, 715
— della Giamaica	3, 000	— d' Inghilterra.	1, 880
Tartaro	1, 849	— bianco	1, 900
— Cremore di tartaro	1, 900	— rosso per mezzo del fuoco	1, 900

884. Col beneficio di questa seconda parte della proposizione possiamo inoltre tentare, se le parti inferiori de' fluidi siano più dense delle superiori, per la compressione di queste. Se lo stesso corpo immerso in diverse profondità dello stesso fluido perda sempre lo stesso peso, allora sarà segno, che le parti inferiori non sono condensate dalle superiori. Tentò questo più volte Francesco Terzo de Lanis, come espone nel tom. 3. lib. 25. cap. 1. esper. 7. del suo *Magisterium nature, & artis*, e osservò, che un globo di vetro attaccato ad un crine di cavallo, e immerso in un valo d'acqua alto due piedi, perdeva di peso verso la cima immerso grana 18, mettendolo più sotto grana 18  $\frac{1}{2}$ . Questa diversità però la rifonde nel crine, il cui peso nell'aria era  $\frac{1}{2}$  grano. Merita ciò non ostante questa sperienza d'essere ripetuta a maggiori profondità, per poter determinare qualche cosa di certo in questo particolare.

885. Quello che abbiamo detto de' fluidi, si può ancora applicare all'aria, che dimostreremo in Fisica particolare essere un fluido come gli altri. Essendo tutti i corpi in essa posti, perderanno tanto di peso, quanto è il peso del volume d'aria, che escludono. Onde non potremo sapere il vero peso de' corpi, senonchè ponendoli nel voto, come abbiamo detto §. 602.

886. Dalla terza parte della proposizione ne siegue, che quanto più sarà grave il fluido, in cui s'immerge il solido, minor parte di solido resterà in esso immersa; perchè essendo più grave, si ricerca minor porzione di fluido per fare equilibrio col peso del solido. Onde se il fluido sarà due volte più pesante del solido, la metà di questo resterà immersa, perchè la metà della mole antagonista del fluido pesa come tutto il solido. Se il peso del fluido è a quello del solido come 3 : 1, resterà immerso  $\frac{2}{3}$  del solido, se come 4 : 1 ;  $\frac{3}{4}$  ec. e in generale se sarà il peso del fluido a quello del solido come n : 1, la parte immersa del solido sarà  $\frac{n-1}{n}$ . Ciò la sperienza quotidiana l'insegna, colla quale veggiamo che le barche, quando passano dall'acqua de' fiumi, che è meno, in quella del mare, che è più pesante, si sollevano più sopra acqua.

887. Se due corpi della stessa densità, o peso, ma di volume di-

ver-

verso s'immergono nello stesso fluido, le parti immerse faranno come i loro volumi. Perchè se il peso del fluido sia a quello del solido come  $n: 1$ , la parte immersa in amendue sarà  $\frac{1}{n}$ , cioè la stessa parte del volume di ciascheduno; ma le parti aliquote di due quantità, sono come le quantità stesse; dunque le parti immerse d'amendue faranno come i loro volumi.

Tav. 22:  
Fig. 7.

888. Col beneficio della terza parte di questa proposizione si forma quell'istromento detto l'*Areometro*, o *Pesaliquori*. Si fa la palla BC col tubo ma A di cristallo, dentro al globo, prima di ferrare ermeticamente il tubo in A, si pone dell'argento vivo, o altro peso, che scende in C. Serve questo perchè il Pesaliquori posto ne' fluidi stia perpendicolare. Si ponga nello spirito di vino rettificato, e supponiamo, che stia immerso fino in a, se lo stesso stromento prima asciugato si metta nell'acqua, che è più pesante; maggior porzione ne starà galleggiando §. 886. Fingiamo che stia fuori dell'acqua fino al punto b, ponendolo in altra acqua, che sia più pesante della prima, starà meno immerso, e perciò sia fuori dell'acqua fino in m, facilmente con questo s'accorderemo, che l'acqua seconda è più pesante della prima. Ondè quanto più s'immergerà il Pesaliquori nel fluido, tanto meno questa farà grave, quanto più galleggia, tanto più sarà il fluido grave.

889. Dalla descrizione dell'*Areometro* si deduce, che quest'istromento non può misurare esattamente le gravità diverse de' liquori, se prima non si osserva il peso di ciascun volume di fluido, e dopo si immerge in esso il Pesaliquori, notando in ciascuno fino a qual punto resti immerso, allora si può fare una graduazione più accurata nella lunghezza a m. Posta però questa divisione, ciò non ostante l'*Areometro* non può essere d'uso sicuro per determinare le gravità specifiche di liquori diversi; perchè non tutti i liquori s'adattano nella stessa maniera alle parti del vetro, ve ne sono alcuni, che si sollevano sopra il loro livello, quanto toccano il vetro, come abbiám visto parlando dell'attrazione. Ora siccome la diversità di peso tra un fluido, e l'altro, non è mai considerabile; così o piccola attrazione, o quantità di particelle nuotanti nell'aria, che s'attaccino all'*Areometro*, può fare un divario sensibile nel peso.

890. Per mezzo ancora di quest'ultima parte della proposizione possiamo col metodo insegnato ne' §§. 880. 882. formare le tavole della diversa gravità de' fluidi, e de' solidi; onde stimiamo superfluo l'esperto.

Abbia-

891. Abbiamo ancora il modo di obbligare un corpo più pesante del fluido a galleggiare; il che s'ottiene accrescendo il suo volume; acciocchè escluda una mole antagonista di fluido, che ne sia di maggior peso. Quindi si spiega, perchè quantunque tutte le parti d'un vascello, e ciò che vi si contiene pesino separatamente più dell'acqua, ciò non ostante postevi nuotino; formando queste insieme unite un volume, che esclude una mole d'acqua di molto maggior peso, che tutto il volume della barca, o vascello. Così ancora per obbligare a galleggiare una palla di piombo, basta ridurla in un foglio col batterla, e con questo formare una palla d'un volume sensibile, o pure il foglio stesso collocarlo sull'acqua semplicemente, essendo già accresciuto di superficie.

892. Acciò sempre più apparisca l'uso di questa proposizione idrostatica, scioglieremo per suo mezzo alcuni problemi. *Data qualunque moneta, o gemma esaminare se sia legittima.* Si pesi la moneta primieramente nell'aria, e questa sia d'oro del ducato, e il suo peso sia grana 60; si pesi poscia nell'acqua piovana, e il suo peso perduto sia di grana  $3\frac{11}{16}$ . Dunque la gravità specifica della moneta sarà a quella dell'acqua come  $60 : 3\frac{11}{16}$ . Cercate nella tavola de' liquori il peso dell'acqua piovana, che è  $\frac{1000}{18261}$ , ovvero 1. Fatta questa proporzione  $3\frac{11}{16} : 1000 :: 60 : x$ , farà  $x = 18260\frac{11}{16}$ . Ma l'oro di ducato nella tavola seconda §. 883. è di peso 18261; dunque la proposta moneta è legittima. La ragione di questa operazione è chiara, perchè il peso del fluido relativamente al ducato, e al peso assoluto 1000, come il peso del ducato relativamente al fluido al suo peso assoluto. Con questo metodo stesso si distinguono i diamanti veri da' falsi, che ci si portano da Bristol, e da Amesfoldio.

893. *Dato un metallo composto di due altri, determinare quanto di ciascheduno ve ne sia.* Il volume, che del primo metallo è nel misto sia A, il suo peso assoluto p, lo specifico a. Il volume del secondo metallo B, il peso assoluto P, lo specifico b. S'immerga il metallo misto in qualche fluido; e in questo sia il suo peso specifico e. La gravità assoluta di qualunque corpo è come la specifica moltiplicata nel volume §. 801.; onde avremo  $Aa = p$ ;  $Bb = P$ . Il volume del metallo misto è  $A + B$ ; e perciò il suo peso assoluto sarà  $Ae + Be$ ; ma lo stesso peso ancora s'esprime per  $Aa + Bb$ ; dunque  $Ae + Be = Aa + Bb$ ; è trasportando  $Be - Bb = Aa - Ae$ ; e sciogliendo in proporzione  $e - b : a - e :: A : B$ . O pure se nell'ultima equazione si muta

no tutti i segni, avremo  $Ae - Aa = Bb - Be$ ; e risolvendo in proporzione  $e - a : b - e :: B : A$ ; serva questa in alcuni casi particolari, per dare un'adequata soluzione del problema.

894. Per vedere l'applicazione di queste formole generali, servirà d'esempio ciò che riferisce Vitruvio nel lib. 9. della sua Architettura capo 3. Gerone Re di Siracusa avea dato all'orefice Demetrio libbre 19 d'oro, acciocchè gli facesse una corona. Demetrio portò al Re una corona, il cui peso era libbre 19; ma sospettando Gerone di qualche inganno dell'artefice, consultò sopra di ciò Archimede, acciocchè scoprisse, senza disfare la corona, se in vece d'oro avesse adoperato l'orefice qualche porzione d'argento. Esso ne prese l'assunto, e con un raziocinio poco diverso da quello che ora esporremo scoperse l'inganno dell'orefice, onde nudo uscì dal bagno, in cui aveane fatto faggio, gridando quasi fuori di se, *inveni, inveni*. La gravità dell'oro è 19, dell'argento  $10\frac{1}{2}$  per la tavola §. 883. S'offervi quanto peso perde nell'acqua la corona, e siano libbre 2; dunque la gravità specifica della corona posta nell'acqua sarà 17. Paragonando ora i termini di sopra con questi numeri abbiamo  $a = 10\frac{1}{2}$ ;  $b = 19$ ;  $e = 17$ . Il volume dell'argento sia A, dell'oro B, servendosi dell'ultima proporzione  $e - a : b - e :: B : A$ , altrimenti i valori diverrebbero negativi, avremo  $17 - 10\frac{1}{2} : 19 - 17 :: B : A$ ; ovvero facendo la sottrazione,  $6\frac{1}{2} : 2 :: B : A$ , e moltiplicando per 3 farà  $26 : 6 :: B : A$ , e dividendo per 2, farà  $10 : 3 :: B : A$ . Onde la quantità d'oro nella corona, sarà a quella dell'argento come 10 : 3. Si moltiplichino questi volumi per le gravità specifiche, avremo le gravità assolute. Quella dell'oro sarà  $10 \times 19 = 190$ ; dell'argento  $3 \times 10\frac{1}{2} = 31$ . Si faccia  $190 + 31$ , ovvero  $221 : 190 :: 19 : 9$ , avremo il peso assoluto dell'oro nella corona di Gerone, che sarà  $y = 16\frac{21}{19}$ ; dunque in questa sono d'argento libbre  $2\frac{27}{19}$ , e in ciò consiste la fraude dell'artefice.

895. In tale raziocinio abbiamo sempre supposto due cose, che il volume del composto sia maggiore di quello de' componenti; di modo che le parti d'un metallo non penetrino quelle dell'altro, o non entrino ne' loro pori. Abbiamo inoltre supposto, che la gravità specifica del misto debba essere minore della somma delle parti componenti. Ciò attentamente si deve notare, perchè vi sono alcuni corpi, che uniti insieme fanno un volume minore de' componenti, e la gravità specifica è maggiore de' medesimi. L'olio di Vi-

triuolo

triuolo mischiato con uguale porzione d'acqua, dopo aver bollito, forma un volume minore della somma delle parti componenti; e la sua gravità specifica è  $\frac{3}{4}$ , parte maggiore della somma delle gravità specifiche dell'olio, e dell'acqua. Lo stesso accade se una porzione di spirito di vino si ponga sopra due d'acqua. Molti altri corpi della stessa natura scoprì il celebre Reaumur nelle memorie dell'anno 1733.

896. Dopo aver scoperto un corpo più leggiero d'un fluido, non bisogna tosto conchiudere, che ancora le sue parti siano tali. Si può dare il caso, che tutto il corpo sia più leggiero, mentre le sue parti sono più gravi, come dimostrammo nella nave. Vi sia un corpo d'un mezzo piede cubico di volume, che pesi libbre 40; si metta dentro l'acqua, un piede cubico di cui secondo Musschenbroek pesa nella state libbre 64 del Reno; escludendo questo corpo un mezzo piede d'acqua, il cui peso è libbre 32, perderà in essa libbre 32 di peso, e perciò restandogliene ancora 8, con queste scenderà al fondo, e sarà più pesante dell'acqua. S'accresca il volume di questo corpo interponendoci de' pori, cosicchè divenga uguale a un piede cubico; posto ora nell'acque, escludendo di questa un piede, che pesa libbre 64, perderà tutto il suo peso 40, e perciò sarà specificamente più leggiero. Supponiamo che ora imbeva l'acqua, vi entrerà dentro un mezzo piede cubico d'acqua; onde tutto il suo peso sarà presentemente libbre 72, ma quello dell'acqua è solamente 64; dunque tornerà di nuovo più grave del fluido.

897. Da questo raziocinio ricaviamo una regola per conoscere, se essendo un corpo specificamente più leggiero d'un fluido, ancora le sue parti siano tali. *Se un corpo galleggia in un fluido, ma dopo che ne ha imbevuta porzione, va al fondo, è segno, che le sue parti son più pesanti del fluido.* Questo l'osserviamo continuamente in alcuni legni. Quindi Ambergero meritamente giudicò, che le parti solide dello stagno, e del piombo pesassero più di quelle dell'argento vivo; quantunque un volume di questo pesi più d'un volume di quelli. Perchè osservò, che *amalgamato* il piombo col mercurio, dopo averne imbevuta porzione, va al fondo del vaso.

898. *Esperienza.* Per verificare tutti questi effetti, che abbiamo dimostrato nella prop. 27. si fa una *Bilancia* detta *Idrostatica*, la cui costruzione è la seguente. I tre vasi A, C, B si fermano a vite sopra la cassa DE, sotto il cui coperchio v'è un tubo, che

Tav. 22.  
Fig. 1.

che dà la comunicazione a tutti tre questi vasi. Nel tubo vi sono quattro chiavi D, F, G, E; per mezzo delle chiavi D, E si vota l'acqua da'vasi per mezzo delle chiavi F, G, l'acqua posta nel vaso più alto C si fa passare negli altri A, B secondo l'occasione. Sotto il piatto k v'è un uncino, a cui si sospendono i corpi, e sotto h il contrappeso N per far l'equilibrio. La bilancia è sospesa in Cal coperchio del vaso più alto. Ad un caso ne faremo l'applicazione, acciocchè da questo facilmente si comprendano gli altri. Il cilindro solido L sia di tal grossezza, che vada esattamente nel cilindro vuoto M, il quale ha il suo fondo. Si sospendano amendue dall'uncino K, come esprime la figura; e per mezzo del peso N unito al piatto h si faccia il contrappeso, di modo chè la bilancia sia in equilibrio. Il vaso C essendo piano d'acqua, si faccia questo passare in L, coll'aprire la chiave G, e così tutto il cilindro L resti coperto dall'acqua; la bilancia traboccherà dalla parte del contrappeso N, onde il solido L perde di peso nell'acqua. Se si empia d'acqua il cilindro N, e perciò alla scodella k s'attacchi un volume d'acqua uguale al cilindro L per la costruzione, la bilancia ritornerà in equilibrio. Dunque il cilindro L avea perduto tanto di peso, quanto è quello d'un uguale volume d'acqua.

### MOTO DE' FLUIDI NE' TUBI CAPILLARI.

899. **L**A dottrina de'fluidi, che sono ne'tubi, o comunicanti, o non comunicanti ha luogo solamente in quelli, che sono maggiori, ma quando il loro diametro è linee  $2\frac{1}{2}$  Parigiue, cioè quasi tre del Reno, o minore, allora questa specie di tubi detti *capillari*, perchè si possono far sottili come capelli, è soggetta a leggi molto diverse da quelle finora stabilite per gli fluidi. Tutti gli effetti de'liquori ne'tubi grandi hanno la loro origine dalla gravità, quelli de'tubi minori dall'attrazione, come apparirà chiaramente.

900. *Esperienze.* Muschenbroek, come riferisce nella dissertazione *de tubis capillaribus*, che sta colle altre dissertazioni Fisco-Geometriche prese il tubo CD di  $\frac{1}{16}$  in diametro del pollice Renolandico, lungo pollici  $3\frac{1}{2}$ , che era unito alla sottile tavola BD divisa in linee, e mezze linee; sporgeva un poco fuori di questa, per poterfi immergere nel fluido; prendendo la tavola con una molle per

per non riscaldare il tubo colla mano, ciò che potrebbe cagionare qualche mutazione, e immersa l'estremità C nel vaso AB, l'acqua salì dentro il tubo capillare all'altezza di linee 20. Immergendolo più addentro nel fluido, l'acqua sempre si mantenne sospesa sopra il livello di quella del bicchiere a linee 20. Estruendo il tubo dall'acqua vi restò dentro sospesa alla stessa altezza. Umettò prima da dentro lo stesso tubo, e tornò ad immergerlo, e l'acqua salì secondo il solito a linee 20. Lo pose nel vaso AB obliquamente, e l'acqua occupò maggior lunghezza nel tubo, ma l'altezza perpendicolare sopra la superficie dell'acqua nel bicchiere fu la stessa di prima. Lo immerse nell'acqua calda, e salì nel tubo alla stessa altezza. Queste, e le sperienze, che riferiremo in appresso, devono sempre farsi con tubi poco prima usciti dalla fornace; perchè se è molto tempo, che sono stati fatti, l'aria s'attacca così tenacemente alle interne cavità de' tubi, che varia molto le stesse sperienze. Da qui è nata la diversità di quelle fatte da alcuni, che non hanno adoperata questa necessaria cautela. Si metta una goccia d'acqua sulla superficie esteriore del tubo, scenderà questa per la propria gravità fino alla estremità di sotto, dove arrivata, sarà tirata violentemente dentro il tubo stesso.

901. Dalle precedenti sperienze si ricava, che a questa salita niente influisce la profondità, a cui s'immerge, l'umettazione, e il caldo dell'acqua, nè l'inclinazione del tubo: ma la forza, che inalza l'acqua, è precisamente uguale a linee 20.

902. *Sperienze.* Dopo che l'acqua è nel tubo a linee 20 d'altezza si chiuda ermeticamente l'estremità a, l'acqua non si muove, si torni ad aprire, non farà alcun motivo. Ma se prima d'immergerlo, si chiudeva in a; immergendolo, l'acqua non saliva, che all'altezza d'una linea.

903. Dunque dentro il tubo v'è l'aria, che non potendo uscire dall'estremità a, per dar luogo all'acqua ch'entra, nè questa avendo molta forza, per condensarla, respinge l'acqua, nè la fa salire più oltre. Ciò di più si conferma colle seguenti sperienze.

904. Se le sperienze tutte, che abbiamo esposte nel §. 900. si ripetono in una Campana di vetro votata d'aria, riescono tutte, come nell'aria libera; ma se ripetesì l'esperienza del §. 902., qualunque il tubo sia chiuso in a, l'acqua ciò non ostante sale alla consueta altezza di linee 20, quando il tubo è dello stesso diametro, e  
vetro

Tav. 23  
Fig. 5.

vetro di quello adoperato nell'aria libera. Per fare la sperienza nel voto, s'adopera la macchina seguente. Sopra il disco EF d'ottone, che comunica con un tubo di metallo, che gli sta sotto, con cui si vota l'aria, ponete la campana di vetro RF aperta di sopra in pq. Quivi s'unisca con cera il disco metallico pq, che ha il collo forato b, per cui passa il bastone AB d'ottone circondato in b d'anelli di cuojo ingrassato con olio, acciocchè l'aria non possa da fuori penetrarvi. Al bastone AB, è attaccato un pezzo di fovero nr, per cui passano perpendicolarmente i tubi capillari ac, de, hi, lm. Il vaso CD dentro la campana s'empia d'acqua colorita, o altro liquore; quindi si vuoti la campana d'aria, premendo il bastone A, s'immergeranno l'estremità c, e, ec. dentro il liquore CD.

Tav. 23.  
Fig. 6.

905. Per determinare il diametro de' tubi esattamente, si faccia il triangolo equilatero acb d'una sottilissima sfoglia d'ottone, e ciascun lato basta, che sia linee 6 di pollice, e ne' lati ca, cb si prendano le ottave, le quarte, le metà delle linee, le linee, la linea e mezza, le due linee. Tirati per gli punti 2, 2; 1, 1 ec. le parallele, faranno queste uguali alle due linee, la linea e mezza ec. Imperocchè posto c 2 uguale a due linee, ancora 2, 2 farà uguale a due linee; perchè essendo acb triangolo equilatero, ancora 2 c 2 farà tale. Così ancora la parallela 1, 1, farà una linea, se c 1 l'abbiamo fatta uguale ad una linea. Per misurare adunque il diametro del tubo capillare, basterà metter la punta c nella sua apertura; e vedere, a quale delle parallele corrisponde.

### MOTO DE' FLUIDI NE' TUBI D'ALTEZZA DIVERSA.

906. **E** Sperienze. Si facciano tubi d'altezza diversa, ma dello stesso diametro, e dello stesso vetro; se faranno di fresco fatti l'acqua sale più alto ne' più lunghi, che ne' più corti; ma la salita non siegue esattamente la lunghezza de' tubi, come apparisce dalla tavola presente cavata dalle Osservazioni del Musschenbroek.

*Lunghezza de' tubi.*

Pollici.	Linee.
3 :	6 :
2 :	0 :
1 :	0 :
0 :	9 :
0 :	6 :
0 :	2 $\frac{1}{2}$ :

*Altezza dell'acqua.*

Pollici.	Linee.
1 :	8
1 :	6
0 :	10
0 :	8
0 :	5 $\frac{1}{2}$
0 :	2 $\frac{1}{2}$

*Lunghezza de' tubi.*

$\frac{1}{2}$  di linea:

Pollici.	Linee.
7 :	6 :
6 :	0 :
5 :	0 :
4 :	5 :

Con un tubo più largo.

24 :	0 :
11 :	0 :
8 :	6 :
7 :	0 :
4 :	0 :
3 :	0 :

*Salita dell'acqua.*

Pollici.	Linee.
4 :	7 $\frac{1}{2}$
4 :	4 $\frac{1}{2}$
4 :	2 $\frac{1}{2}$
4 :	1 $\frac{1}{2}$

3 $\frac{2}{10}$
3 $\frac{2}{10}$
3 $\frac{2}{10}$
3 $\frac{6}{10}$
3 $\frac{2}{10}$

quasi fino all'orlo.

Di più un tubo capillare, e lungo piedi 3  $\frac{1}{2}$  trasse l'acqua a pollici 13 d'altezza; avendo rotto una delle sue parti lunga piedi 2 la tirò all'altezza di pollici 12  $\frac{1}{2}$ .

907. *Esperienze.* Ripetendo questi effetti nel voto, si trovano gli stessi, che nell'aria libera, e qualche volta sale l'acqua un poco più alta. Si torni di nuovo a far entrare l'aria nella campana, ne' tubi di 4, o 5 pollici l'acqua non si muove, in quei più alti, sale l'acqua a maggiore altezza, ma poco dopo torna a scendere alla consueta. L'acqua in tutti i tubi posti all'aria, o nel voto è concava in mezzo, e verso i lati del tubo sollevata.

908. L'aria dunque niente influisce all'innalzamento dell'acqua, anzi più tosto nuoce, come abbiamo osservato nel tubo chiuso. Onde cade la spiegazione di quelli, che hanno preteso di spiegare questi fenomeni per mezzo dell'aria grossa, e sottile. Dicevano essi, che facen-

facendo la cavità de' tubi stretta, le parti dell'aria crassa sono maggiori d'essa cavità, e non possono entrarvi; onde essendo di fuori l'aria grossa, e dentro il tubo l'aria sottile, viene dall'aria grossa esteriore spinta l'acqua in esso tubo. Se ciò fosse entrerebbe l'acqua ancora in questo ermeticamente chiuso, contro l'esperienza §. 902.

MOTO DE' FLUIDINE' TUBI  
DI VARIO DIAMETRO.

909. **E** Sperienze. Prese il Muschenbroek i tubi AB, CD attaccati alla sottile tavoletta graduale, della stessa lunghezza, e vetro, ma uno più grosso dell'altro; la loro lunghezza era di 5 pollici, e per lor mezzo osservò le cose seguenti.

Tav. 23.  
Fig. 3.

<i>Diametri de' tubi.</i>		<i>Altezze dell'acqua.</i>	
Pollici.	Partidecimali.	Pollici.	Partidecimali.
o :	38 :	o :	09
o :	13 :	o :	3
o :	09 :	o :	41
o :	08 :	o :	46
o :	06 :	o :	61
o :	05 :	o :	74
o :	04 :	o :	93
o :	02 :	1 :	85
o :	018 :	2 :	80

910. Dalla tavola di sopra si deduce, che le altezze, alle quali sale l'acqua ne' tubi diversi, seguono esattamente la ragione inversa de' diametri. Di fatto se prendendo i tubi, che hanno per diametro 5, 4, si faccia questa proporzione 4 : 5 :: 74 : x, si troverà  $x = 92\frac{1}{2}$ ; ma dall'esperienze fu 93, dunque ec.

911. *Esperienza.* Lo stesso si può dimostrare facendo il tubo incurvato cda, cosicchè il braccio cb sia maggiore di ab, l'acqua salirà più alta nel secondo, che nel primo, o si infonda dalla estremità c, o dalla estremità a. Tutte queste esperienze si ripetono nel voto collo stesso successo. Essendo per la Geometria i diametri, come le periferie de' cerchi, l'altezze dell'acqua, che sono inversamente, come i diametri, saranno ancora inversamente, come

T. v. 23.  
Fig. 4.

me

me le periferie delle basi ne' tubi cilindrici. Ma per la Geometria solida ne' cilindri d' uguale altezza le periferie sono come le superficie, dunque le altezze dell' acqua faranno inversamente, come le superficie interne de' tubi.

912. Sia  $a$  l' altezza dell' acqua nel tubo più largo, il diametro della sua base sia  $B$ ; e l' altezza del tubo più stretto sia  $A$ , il diametro della base  $b$ ; farà per l' esperienza  $a : A :: b : B$ , e perciò  $aB = Ab$ . Ma le quantità dell' acqua, ovvero le solidità de' cilindri sono, come le altezze moltiplicate nelle basi de' medesimi, ovvero come le altezze ne' quadrati de' diametri per la Geometria; dunque le quantità dell' acqua salita ne' tubi faranno; come  $aB^2 : Ab^2$ ; ovvero dividendo questi due termini per l' equazione di sopra, che nasce dalla esperienza, faranno le quantità dell' acqua salite ne' tubi, come  $B : b$ , cioè come i diametri delle basi, e perciò i tubi più larghi innalzano maggior quantità d' acqua, che i tubi più stretti.

DEL MOTO DI VARJ FLUIDI NE' TUBI.

913. **E** Sperienze. Un tubo lungo 43 linee, il cui diametro era  $\frac{1}{2}$  di linea si fu successivamente immerso in varj liquori, e osservarono le seguenti altezze secondo le diversità de' liquori.

*Altezze in linee.*

Acqua	26
Alcohol, o fiasì spirito di vino rettificato	18, o 19
Olio di Tartarò per deliquio	25
Spirito di Nitro di Glaubero	20
Olio di Vitriuolo	26, o 27
Olio Etereo di Trementina	18, o 19
Olio di Rape	21
Urina della mattina d' un Uomo sanò	33, o 34
Spirito di Sale ammoniacò	30, o 33
Argento vivo.	o, ovvero meno

del niente, cioè al contatto del tubo, l' argento vivo si deprimeva.

914. Da queste esperienze si ricava, che la salita de' liquori non si fa inversamente, come le gravità de' medesimi, perchè l' olio di vitriuolo, che è pesantissimo, sale a maggior altezza dell' acqua, e questa a maggiore altezza dello spirito di vino, che è leggerissimo. Dal che

di nuovo si ricava, che la salita de' liquori non si fa per alcuno impulso d'aria, o di vortici, o di altra maniera meccanica, dipendendo solamente da una particolare forza, che si truova tra varj liquori, e il vetro sparsa per tutta la lunghezza del tubo, e che si accresce diminuendosi la distanza. Perciò cadono le spiegazioni date da Roberto Occhio nella Micrografia osservazione 6, da Sinclaro nell'arte della gravità, dallo Sturmio nel Collegio Curioso, da Onorato Fabri nella Fisica al Trattato 5, libro 2, proposiz. 235; da Leeuwenhoek nella continuazione degli arcani della natura, lettera 131, da Bernulli della gravità dell'Étere, carte 239, da Roault nella Fisica, da Mairan nelle memorie dell'anno 1722.

Tav. 23.  
Fig. 4.

915. *Esperienze.* Se un tubo appena s'immerge nel mercurio, questo resta di sotto il livello del mercurio stagnante nel vaso; ma se s'immerga un poco più profondamente, entrerà un poco il mercurio nel tubo, restando però sempre più basso di quello, che sia la superficie del mercurio stagnante nel vaso. Se s'infonda nel braccio c, ovvero a, salirà nel braccio più largo in G, e nel più stretto starà più giù in H. Dentro i tubi sempre il mercurio ha una superficie convessa, al contrario di quello, che fa l'acqua.

### DELLA SALITA DE' FLUIDI NE' TUBI DIVERSAMENTE PIEGATI.

Tav. 23.  
Fig. 7.

916. *Esperienze.* Si prenda un tubo dritto, e immerso nell'acqua, si noti, a che altezza sale. Indi detratta l'acqua si pieghi in diverse maniere, come ABFCDE, con accostarlo leggermente alla fiamma della candela. Immerso di nuovo nell'acqua, salirà questa alla stessa altezza perpendicolare di prima, qualunque sia la piegatura fatta a' tubi. Le perpendicolari altezze si determinano tirando le orizzontali AD, AC.

917. Da tutti questi fenomeni si ricava, che la spiegazione della salita ne' tubi capillari non si può derivare da altro, che dalla forza attraente, la quale si trova tra le parti della materia.

### MOTO DE' LIQUORI TRA LE TAVOLE DI VETRO.

918. *I* Fenomeni delle lastre di vetro sono stati abbastanza da noi spiegati nel §. 638. e seguenti; resta ora, che dimostriamo,

mo, come in alcuni casi la linea curva, che veste il fluido tra le due lastre, è una iperbola tra gli assintoti. Rappresenti l'angolo ACB quello fatto dalle due lastre. Si divida BC in molte parti uguali eg, im; essendo l'angolo ACB minimo, i lati df, eg, hl, im, possono riputarfi come paralleli, onde hi, de faranno a loro perpendicolari, e perciò parallele; e noteranno la distanza delle lastre di vetro, e le figure degf, h i ml faranno parallelogrammi; l'altezze, alle quali sale l'acqua tra le due tavole, sono inversamente, come le distanze de, hi. Essendo  $eg = im$  per la costruzione, i parallelogrammi degf, h i ml faranno tra di loro, come DE: HI. Ma de: hi è come l'altezza dell'acqua sopra hi all'altezza dell'acqua sopra de, dunque la piramide, o la quantità dell'acqua, che è tra le lastre, sopra la base degf, farà uguale alla piramide, o quantità d'acqua, che ha per base h i ml, perchè queste piramidi reciprocano le basi, e l'altezze. Ma il triangolo dCe  $\simeq$  hCi; dunque de: hi :: eC: iC. Onde l'altezza dell'acqua in e farà all'altezza dell'acqua in i, come iC: eC; ovvero reciprocamente come le distanze de, hi. Perciò l'altezza dell'acqua in i moltiplicata nella iC, farà uguale all'altezza in e moltiplicata nella eC. Sia ora BC un lato della lastra, e la CM il lato, dove sono unite; x z y la curva, che ha l'acqua tra le lastre. Si divida il lato BC in parti uguali, e g, i m, ec., farà e n l'altezza dell'acqua corrispondente al punto e, ed iz l'altezza dell'acqua corrispondente al punto i, secondo che poco fa abbiamo dimostrato, deve essere Zi  $\propto$  iC = en  $\propto$  eC; ma questa è la natura della iperbola tra gli assintoti BC, CM, che i parallelogrammi neC, ziC siano uguali; dunque la linea curva x z y, quando l'angolo de' piani è minimo, farà una iperbola tra gli assintoti. Come dovea dimostrarsi.

Tav. 22.  
Fig. 8.

Tav. 22.  
Fig. 9.

I D R A U L I C A .

919. **N**ella Idraulica si tratta solamente delle macchine, colle quali si può innalzare l'acqua, o farla uscire da un tubo, di modo che imiti una fontana. Di queste macchine parleremo in parte discorrendo dell'aria, e de' fiumi, dipendendo molto queste Macchine dall'equilibrio dell'aria, e dell'acqua, e dalla forza elastica della prima.

920. In queste macchine Idrauliche abbiamo per lo più bisogno di mettere nel tubo, per cui si tira l'acqua una *valvula*, ovvero un cerchio di pelle ingrassata con olio, che trattiene l'acqua nel tubo. Le

Tav. 24.  
Fig. 1.

X x 2

val-

valvole semplicissime non sono altro, che un cerchio di pelle ingrassata con olio, o grasso di cavallo CD, che in mezzo ha un forame, al cui orlo in m è attaccato un altro cerchio di pelle ingrassata a, che dalla parte a s'apre spingendolo di sotto, ma torna poi a comprimersi, e chiudere il forame. Il cerchio CD s'attacca fortemente alla cavità interiore del tubo; l'acqua spingendo da sotto apre la valvola a, e sale sopra esso, nè può più retrocedere in dietro, anzi col suo peso sempre più chiude il forame. Sogliono ancora formare queste valvole di varj cerchi di pelle, compresi tra due d'ottone; il superiore de' quali è forato in più luoghi, come si vede in AB. Sopra questo ve n'è un altro CD d'ottone parimenti, e mobile dentro il bastone a bc.

Tav. 24.  
Fig. 2.

921. Descritte le valvole esporremo la seguente macchina, colla quale si può sollevar l'acqua a qualunque altezza. Si faccia il tubo AB fornito della valvola CD, che s'apre dalla parte di sotto in E. All'estremità del manico IH ci sono varj circoli soprapposti di pelle ingrassata, che esattamente riempiono la cavità del tubo, e formano quello che noi diciamo *Stantuffo*, come si vede in GF; è armato questo ancora della valvola G. Posto il tubo dentro l'acqua, còsicchè il forame B resti coperto da essa, attaccato il manico all'anello H, s'alzi, e s'abbassi l'asta KI. Nell'abbassarsi lo stantuffo, l'acqua spinge la valvola G, ed entra in GE; quando s'alza di nuovo, l'acqua compressa apre la valvola E, e sale sopra CD. In questa forma a poco a poco arriva in M che è un tubo sostenuto dal braccio y, da dove si scarica. Con questa specie di tromba possiamo alzar l'acqua a qualunque altezza; utilissima perciò sarebbe, se quando si guastano, potessero facilmente risarcirsi.

Tav. 24.  
Fig. 3.

Tav. 24.  
Fig. 4.

922. Tra le macchine idrauliche si numerano ancora quelle, colle quali si dimostrano varj giocondi spettacoli nelle fontane. I. Per costruire una fontana, che tenga sempre in aria sospesa la palla A, basta che il getto d'acqua BA sia esattamente perpendicolare, e veloce; posta sopra l'acqua una palla leggiera, come una galla, questa resterà sempre in A, risospinta dall'acqua.

Tav. 24.  
Fig. 5.

923. II. Per formare una fontana, che imiti la pioggia s'applichi al tubo, onde esce l'acqua il vaso AB metallico di forma lenticolare tutto pieno di piccioli forami. L'acqua uscendo con impeto per essi, imiterà la pioggia, sciogliendosi in gocce.

Tav. 24.  
Fig. 6.

924. III. Dovendo rappresentare coll'acqua un lenzuolo, al tubo AB si saldino due segmenti sferici ED, che per mezzo della vite C s'accostano colle loro periferie, quanto si vuole. Rendendoli

vici-

vicinissimi, l'acqua obbligata d'uscire per quello spazio angustissimo; detto *crena*, si dilaterà a guisa d'un lenzuolo.

925. IV. Se si dovrà imitare la neve dal cielo cadente, basterà al tubo ADE saldare il globo C, cosicchè sia attaccato al labbro del tubo solamente in G, B, e lasci un angustissimo spazio per cui l'acqua sia obbligata a passare. Uscendo questa con impeto per la strettezza di questo luogo, e urtando nel globo C si muterà in spuma, e in tal modo imiterà la neve cadente. Tav. 24.  
Fig. 7.

926. V. Quando si voglia obbligar l'acqua d'andare per tutte le direzioni, basta semplicemente fermare a vite al tubo B un vaso F, in più luoghi come in D, O, G, M, H forato, e che abbia saldati a tutti questi forami altrettanti tubi A, P, N, H, E, L, la disposizione de' quali dipende dal buon gusto dell'artefice. Tav. 24.  
Fig. 8.

927. Lontano dal nostro istituto sarebbe il più diffonderli nell'Idrostatica, e Idraulica, avendone già esposto i teoremi fondamentali, e dato un saggio d'alcune macchine, possono supplire i libri già citati in più occasioni, e specialmente nel fine della Statica; a questi per l'Idrostatica particolarmente possiamo aggiungere l'Hydrodinamica di Daniele Bernoulli stampata nel 1734.

## C A P O XVIII.

### *De' Pendoli semplici, e composti.*

928. **I**L *Pendola* è un sottilissimo, e non ritorto filo, alla cui estremità è sospeso un globo di forma lenticolare, come CA. Se il filo ha un solo globo attaccato, che non sia molto grande, si chiama *Pendolo semplice*; se il globo è grande, o il filo è di metallo pesante, ove è più d'un globo attaccato nella lunghezza del filo, si dice *Pendolo composto*; quando sono più globi deve essere un filo di metallo. Alzando il globo A col filo in B, e poi lasciandolo, questo per la propria gravità scenderà in A, colla velocità acquistata risalirà per un arco uguale AD, non computando la resistenza dell'aria, e lo strofinamento del filo col chiodo. La discesa per l'arco BA, e la salita per l'uguale AD, si dice *una vibrazione*, o *oscillazione*; la sola discesa, o salita, *mezza vibrazione*. Tav. 22.  
Fig. 10.  
  
Tav. 25.  
Fig. 1.

## PROPOSIZIONE XXVIII.

*Se un pendolo cada da altezze diverse, le velocità sono, come le corde degli archi, che descrive.*

Tav. 22.  
Fig. 11.

929. **S**IA AB il filo del pendolo, e prima si lasci dall' altezza D, indi dall' altezza C; dal centro A intervallo AB descritto il cerchio CBM, e tirate le corde DB, CB, farà la velocità, che ha descrivendo l' arco DB, a quella descrivendo l' arco CB, come la corda DB alla corda CB. Perchè calate le perpendicolari CF, DE al diametro BG, e tirate l' altre corde DG, CG; essendo gli angoli GCB, GDB retti, dal corollario 2. della proposizione 8. del libro 6. di Euclide, farà  $BG : DB :: BD : BE$ , e perciò  $BD = \sqrt{BG \times BE}$ ; e moltiplicando per  $\sqrt{BG}$  farà  $BD \sqrt{BG} = BG \sqrt{BE}$ ; onde risolvendo in proporzione  $\sqrt{BE} : \sqrt{BG} :: BD : BG$ . Nella stessa maniera dimostrerò, che  $\sqrt{BF} \sqrt{BG} :: BC : BG$ . La velocità acquistata nel discendere per l' arco DB è uguale alla velocità acquistata nel discendere dall' altezza EB §. 778.; così ancora la velocità per l' arco CB è la stessa, che per l' altezza FB. Ma la velocità per EB a quella per GB è come  $\sqrt{EB} : \sqrt{GB}$  ovvero, come  $BD : BG$ , dalla penultima proporzione, e la velocità per BF è a quella per BG, come  $BC : BG$ . Dunque per l' uguaglianza delle ragioni farà  $\sqrt{EB} : \sqrt{FB}$ ; ovvero la velocità per l' arco DB a quella per l' arco CDB, come  $DB : CB$ . Dunque le velocità de' pendoli sono come le sottese degli archi con termini. Come dovea dimostrare.

930. Da questo teorema si ricava il metodo di dare ad un corpo qualunque velocità. S' applichino le corde, e sottese  $B_1, B_2, B_3, B_4$ , le quali siano tra loro nella proporzione aritmetica naturale, ovvero come i numeri, 1, 2, 3, 4, ec. Se il globo B si lascerà dall' altezza 2, acquisterà 2 volte più velocità, che lasciato da altezza 1, onde se la velocità, che acquista cadendo dal punto 1, si dice un grado di celerità, cadendo da altezza 2 ne acquisterà 2, da altezza 3, ne guadagnerà 3 ec. perchè le velocità sono come le corde.

PROPOSIZIONE XXIX.

*I tempi impiegati da' pendoli a descrivere archi simili, sono come le radici quadrate delle lunghezze de' pendoli.*

931. **S**iano due pendoli disuguali OD, CA, che descrivano gli archi simili DF, AG; il tempo impiegato dal globo D, a descrivere l'arco DF, è a quello che impiega A per descrivere l'arco AG come  $\sqrt{DO} : \sqrt{AC}$ . Archi simili si dicono quelli, che sottendono gli angoli O, C uguali. Perciò i pendoli descriveranno archi simili quando si lasceranno cadere da uguali altezze. Per dimostrare il teorema, siccome il tempo è come la radice quadrata dello spazio ne' corpi gravi cadenti, e gli archi de' cerchi sono composti d'infinite linee rette, o piani inclinati contigui, farà il tempo per l'arco DF come  $\sqrt{DF}$ ; e per l'arco AG come  $\sqrt{AG}$ . Ma essendo gli archi simili abbiamo  $DF : AG :: DO : AC$ ; e perciò  $\sqrt{DF} : \sqrt{AG} :: \sqrt{DO} : \sqrt{AC}$ ; dunque il tempo per l'arco DF, a quello per l'arco AG farà come  $\sqrt{DO} : \sqrt{AC}$ . Ciò che dovea dimostrare.

Tav. 251  
Fig. 2.

932. Dunque le lunghezze de' pendoli sono come i quadrati de' tempi, ne' quali descrivono archi simili. Perciò se sapremo i tempi impiegati da due pendoli a descrivere archi simili, avremo ancora la relazione, che passa tra le loro lunghezze. Vibri il primo pendolo in 3 minuti, il secondo in 4; le loro lunghezze faranno come 9 16. Onde se ne farà data una, troveremo l'altra; sia quella del primo 3 palmi; si faccia  $9\ 16 :: 3 : x = \frac{48}{5} = 5\frac{1}{5}$ . Quindi ancora date le lunghezze de' pendoli potremo trovare il tempo da loro impiegato nel percorrere archi simili.

933. Dallo stesso teorema ne nasce, che i pendoli più lunghi devono muoversi più tardi de' più corti; perchè obbligandoli a descrivere archi simili, i tempi delle loro vibrazioni devono essere come le radici delle lunghezze. Ciò più volte abbiamo in Fisica supposto.

934. Ne siegue inoltre, che i numeri delle vibrazioni fatte da un pendolo in un dato tempo, sono inversamente come le radici quadrate delle loro lunghezze; e perciò le lunghezze de' pendoli sono inversamente come i quadrati de' numeri delle oscillazioni. Imperocchè il tempo impiegato in una vibrazione è inversamente come il

nu-

numero delle oscillazioni fatte in un dato tempo; perchè quanto maggior numero di vibrazioni fa un pendolo in un dato tempo; tanto più breve deve essere la durata d'una sola. Ma i tempi delle vibrazioni sono come le radici delle lunghezze direttamente; dunque i numeri delle vibrazioni in un dato tempo, faranno inversamente come le radici delle loro lunghezze.

935. Da questa proporzione si deduce il modo di trovare date le lunghezze di due pendoli, e il numero delle oscillazioni fatte da uno in un tempo dato, il numero, che nello stesso tempo farebbe l'altro. Se un pendolo lungo 16 piedi in un minuto facesse 21 oscillazioni; un pendolo lungo 9 piedi, quante ne farebbe. Si faccia §. 934., estraendo la radice dalle lunghezze,  $3:4::21:x$ , sarà  $x = \frac{21 \cdot 4}{3} = 28$ . Così ancora dati i numeri delle oscillazioni, e la lunghezza d'un pendolo, si può trovare quella di un altro.

936. Tutto ciò che si verifica, quando gli archi sono simili, siccome è di sommo utile nella scienza naturale; così è necessario poterlo applicare ancora alle vibrazioni non simili. Otterremo questo obbligando il pendolo a descrivere archi minimi, o piccoli, i quali non passino i tre gradi di cerchio. In tal caso gli archi possono quanto al senso riputarli simili; perchè essendo gli archi minimi, la differenza, che passa tra loro, non sarà considerabile, onde nè pure quella, che vi è tra gli angoli da questi archi sottesi. Dunque se obbligheremo i pendoli a descrivere piccoli archi di cerchio, potranno loro applicarsi tutte le proprietà degli archi simili.

937. Un altro vantaggio ricaveremo dagli archi minimi, ed è, che i pendoli descrivendo questi archi, quantunque sieno disuguali, ciò non ostante li percorreranno nel tempo stesso; onde gli archi minimi sono isocroni. La ragione di questo è, che quando gli archi de' cerchi sono minimi, la loro curvatura si confonde con quella d'un arco di cicloide, che si tirasse dalla stessa estremità dell'arco circolare; ma gli archi cicloidalì, come diremo in appresso, sono equidistanti, dimodochè un corpo, che scenda per questi archi, li descrive nel tempo stesso, siano grandi, o piccoli, come abbiamo dimostrato coll'esperienza §. 544., e colla teoria vedremo in appresso; dunque ancora gli archi circolari, quando sono minimi, faranno percorsi in tempi uguali, sebbene essi sieno disuguali. Da questo ricaviamo il vantaggio di poter avere per mezzo de' pendoli una più esatta misura del tempo; perchè qualunque sia la resistenza, che incontra il pendolo nel muo-

muoversi, la quale l'obblighi a descrivere un arco minore; ciò non ostante questo lo descriverà nel tempo stesso che il maggiore.

938. Questo isocronismo degli archi minimi di cerchio disuguali è stato confermato dalla sperienza, la quale ha fatto vedere in più occasioni, che due pendoli della stessa lunghezza descrivendo archi minimi in 100 oscillazioni, la differenza del tempo da loro impiegato appena era sensibile. Anzi il Mairan nelle Memorie dell' Accad. Reale del 1735. dimostra, che in 11382. oscillazioni, solamente la differenza sarà d'una vibrazione, se l'arco del primo pendolo sia minimo, e quello del secondo di 3 gradi di cerchio; che se l'arco del secondo sia di 2 gradi, la differenza d'una oscillazione sarà dopo vibrazioni 29000.

939. Comunemente solevano dimostrare l'isocronismo degli archi minimi i meccanici, perchè questi poco sono diversi dalle corde de' medesimi, e le corde del circolo sono isocrone, come abbiam dimostrato §. 774. Così Keillio lezione 15. Teor. 41., e Parent nel Giornale Francese del 1701. Il primo, che conobbe il difetto di questa dimostrazione fu Giovanni Bernoulli negli Atti di Lipsia del 1714., e dopo lui altri ancora nelle memorie del 1722. Quantunque sia vero, che le corde si confondono quasi cogli archi de' circoli, quando questi sono minimi, pure dalla loro uguaglianza non possiamo dedurre l'uguaglianza del tempo, che impiega un corpo a descriver l'arco, e la corda; perchè l'arco è diversamente inclinato all'orizzonte che la corda. L'arco per esempio CB, se si considera, il suo primo elemento vicino al punto C, è meno inclinato all'orizzonte, e perciò più perpendicolare del minimo elemento della corda CB, che ha rispetto all'orizzontale la stessa inclinazione, di tutta la corda, perchè è una linea retta. Di fatto il minimo elemento dell'arco nel punto C è lo stesso, che la tangente tirata a questo punto, la quale, come facilmente si comprende, fa col piano orizzontale un angolo maggiore della corda CB. Ma quanto meno è inclinato il piano, tanto più presto ne scende il corpo; dunque il tempo, che impiega il corpo a descrivere l'arco CDB, sarà più breve di quello che consuma in descriver la corda CB; e perciò sebbene l'arco, e la corda fossero quasi uguali; ciò non ostante i tempi, sarebbero diversi. Dimostra di più l'Ugenio nel Trattato *de Horologio oscillatorio* Teor. 9. che il tempo per l'arco è a quello per la corda, come il quadrante al diametro; ma la quarta parte del cerchio è minore del diametro: dun-

Tav. 22  
Fig. 11.

Tavo I.

Y y

que

que ancora il tempo per l'arco sarà più piccolo di quello per la corda.

Tav. 3.  
Fig. 5.

940. Questo è ciò che intorno a' pendoli semplici è di maggiore considerazione. Quando vogliamo formare un pendolo il più semplice, che si possa, questa sarà la costruzione. Ad un filo sottile di seta cruda, acciocchè non si r avvolga nel suo moto, o pure ad un filo di *pisa*, cioè di que' filamenti delli quali sono composte le foglie d' aloe, i quali hanno un piccolissimo peso, e sono molto forti, si sospenda una palla di metallo acciaccata, che sia larga un pollice, si fa così, per evitare quanto sia possibile la resistenza dell' aria. All' altra estremità del filo si faccia un largo nodo come si vede in figura, e si attacchi il filo ad un chiodo ben levigato. Così otterremo un perfetto pendolo semplice. Se all' estremità del filo s' attaccasse un corpo grande, il pendolo ritarderà, o accelererà il suo moto, non già per lo peso maggiore attaccato; perchè dimostrammo §. 562, che tutti i corpi grandi o piccoli sono equiveloci; ma perchè s' allunga, o accorta il filo del pendolo, come diremo in appresso, onde §. 933 si ritarda, o accelera il suo moto. Con un simile pendolo determinò il Mairan nelle memorie del 1735., che un pendolo semplice a Parigi, per oscillare a seconde, deve esser lungo piedi 3, linee 8,  $\frac{7}{10}$ .

941. Un pendolo in questa maniera formato, quando s' obbliga a descrivere minimi archi, sarà un' esatta misura del tempo; ma non già in tutti i tempi dell' anno, perchè di state allungandosi col calore l' asta, specialmente se si fa di metallo, e di verno accorciandosi, nel primo caso ritarderà, nel secondo accelererà il suo moto, come primo di tutti osservò Wendelino, e nelle Memorie stesse dell' Accad. Reale confermò De la Hire colle sperienze. Il celebre Professore d' Istromenti Graham nelle Transazioni Inglese n. 392. supplì a questo difetto facendo voto il globo del pendolo, e riempiendolo più della metà d' argento vivo. Il calore allunga l' asta del pendolo, ma lo stesso calore dilata ancora l' argento vivo, ed occupando questo un maggior volume di prima, accorcia l' asta del pendolo stesso, perchè fa innalzare il centro di gravità della palla, come vedremo parlando de' pendoli composti.

942. Col mezzo degli archi minimi non solamente come abbiamo detto s' applicano a tutti i pendoli le maravigliose proprietà degli archi simili, ma inoltre si rendono le oscillazioni equidistanti; il che è di sommo uso per fare il pendolo un' esatta misura del tempo. Perchè applicandolo questo agli orologj, che si muovono con peso, o a molla,

molla, rende il loro moto equabile, qualunque sia la resistenza che incontrano, la quale renderebbe più tardo, e perciò disuguale il loro moto. Dopo l'invenzione del pendolo, che la dobbiamo al celebre Galileo, a cui venne primo in pensiero vedendo il moto d'una lampada nel duomo di Firenze, e l'applicazione d'esso fatta agli orologi dall'Ugenio, onde è, che questi sovente si chiamano pendoli, è nato, che l'orologio a pendolo comune si può meritamente chiamare l'esatta misura del tempo.

943. Vide però l'Ugenio, che quantunque applicato il pendolo all'orologio, regolasse esattamente il suo moto; pure molte essendo le cause delle resistenze in questa macchina, che nascono dallo strofinamento de' denti, e dagli assi ec. sarebbe stato obbligato il pendolo da queste a ritardare il suo moto. Perciò non riflettendo forse alla proprietà degli archi minimi, si pose a cercare una curva, la quale essendo obbligato a descrivere il globo del pendolo, quantunque descrivesse archi disuguali, ciò non ostante lo facesse in tempo uguale. Gli riuscì trovare, che questa curva era la cicloide, onde studiò il modo d'obligare un pendolo a descrivere archi cicloidalì, e fu felice l'evento. Ma siccome questo metodo è molto faticoso, nè interamente sicuro in pratica, così al presente è ito in disuso, e a meraviglia si supplisce con alzar poco dall'orizzonte i pendoli, acciocchè descrivano piccoli archi, come abbiám detto di sopra. All'incontro essendo molto utile a questa dottrina, specialmente per dimostrare la meravigliosa proprietà della Cicloide, detta perciò curva *tantocrona*, così non riusciremo d'esporgla.

944. Se il cerchio  $x$  si concepisca girare sopra la linea BDA, secondo la direzione DNZM, la curva BGZCA da un punto d'esso descritta, si chiama Cicloide, o Trocoide §. 501. il cerchio  $x$  si dice *cerchio generatore*, il suo diametro ZD, l'asse della cicloide, BGZ mezza cicloide, e la retta ABD è uguale alla periferia del cerchio generatore, come apparisce dalla maniera di formare la cicloide. Tav. 25.  
Fig. 3.

945. Se si tiri PL ovunque sia, purchè parallela alla AB, farà PM uguale all'arco contermino MZ del cerchio generatore. Perchè con- Tav. 25.  
Fig. 4. cèpendo il cerchio generatore  $x$  arrivato in d; essendo PL parallela alla AD, l'arco Pb = MZ; ma per la origine della cicloide l'arco Pd = Ad, e tutto dPb = DA; dunque il restante PB, ovvero MZ = Dd = Lx, per le parallele. Ma essendo l'arco Pb = MZ, ancora i loro seni Px, ML sono uguali; dunque aggiungendo a questi la comune Y y 2  
mune

mune  $xM$ , farà  $Lx = PM$ ; e perciò avendo dimostrato  $MZ = Lx$ , farà ancora  $MZ = MP$ . Come dovea dimostrare.

Tav. 25.  
Fig. 5. 946. Sia ARND una porzione di cicloide, AQB il cerchio generatore; se si tiri MN perpendicolare all'asse AB, e dal punto N la tangente NT alla cicloide, e dal punto E del circolo la corda EA; farà questa parallela alla tangente. Imperocchè tirata NM infinitamente vicina alla RP, e dal punto E la tangente al circolo EQT, e la RS parallela alla TE, faranno QE, RN gli elementi delle tangenti ET, NT, perchè MN è infinitamente vicina alla PR; e perciò  $QE = RS$ , e  $QR = ES$  per la costruzione essendo parallele. Dunque  $QE$  ovvero  $RS = SN$ , cioè la differenza degli archi circolari AE, AQ, è uguale alla differenza delle semiordinate EN, QR. Ma per la costruzione  $TEN \sim RSN$ ; dunque ancora  $TE = EN$ . Ma per cagione della tangente TE l'angolo TEM è doppio dell'angolo AEM per la geometria, e l'angolo TEM come esterno, è doppio di TNE; dunque  $AEM = TNE$ , cioè l'esterno è uguale all'interno; e perciò AE farà parallela alla TN. Come dovea dimostrare.

Tav. 25.  
Fig. 6. 947. Qualunque arco della cicloide, per esempio MA è doppio della corda corrispondente PA del circolo generatore APB, la qual corda si limita colla MQ perpendicolare all'asse AQB. Imperocchè tirata mq infinitamente vicina alla MQ, e tirata MS perpendicolare alla mq, e la tangente MT della cicloide, si faccia  $AQ = x$ ,  $AB = 1$  perchè è costante, farà  $QB = 1 - x$ , e la Qq ovvero  $MS = dx$ . Per la natura del circhio, PQ è mezza proporzionale tra le BQ, QA, dunque  $1 - x : PQ :: PQ : x$ , e perciò  $\overline{QP} = x - x^2$ , onde  $PQ = \sqrt{x - x^2}$ ; e perciò per la 47 lib. I. d'Euclide farà  $\overline{AP} = x - x^2 + x^2 = x$ , e la  $AP = \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$  §. 311. Il triangolo APQ  $\sim$  MSm, perchè l'angolo  $APQ = TMQ = MmS$ ; per le parallele PA, TM §. 946., e le parallele MQ, mq per la costruzione, e gli angoli Q, S sono retti. Dunque  $AQ : AP :: MS : Mm$ , ovvero sostituendo i loro valori  $x : x^{\frac{1}{2}} :: dx : Mm$ ; onde  $Mm = x - \frac{1}{2} dx$ ; e perciò il differenziale Mm dell'arco cicloidale MA farà  $x - \frac{1}{2} dx$ ; e integrando §. 372. 376. farà tutto l'arco cicloidale  $MA = 2x^{\frac{1}{2}} = 2AP$ , o alla doppia corda del circolo generatore. Come dovea dimostrare. Questa operazione si chiama la *rettificazione* della cicloide, perchè per suo mezzo si trova una linea retta uguale alla cicloide. Posti questi preliminari sia.

PROPOSIZIONE XXX.

Tav. 25.  
Fig. 7.

*Il tempo d'un'intera oscillazione per qualunque arco cicloidale, per esempio QB, è al tempo della discesa perpendicolare per HB diametro del cerchio genitore, come la periferia del cerchio, al diametro.*

948. **I**L diametro del cerchio generatore HB si chiami a, l'altezza HB, dalla quale scende il globo del pendolo descrivendo l'arco QB, si dica 2r, HP si dica x, farà  $PB = 2r - x$ . Il tempo, che impiega in descrivere QB sia t. Sopra HB si faccia il semicerchio HNB, e si tirino PM, pm infinitamente vicine, e perpendicolari alla HB; ed NO, Rm perpendicolari alla pm; indi si tiri la corda BS; il tempo impiegato a descrivere l'arco minimo Mm, farà df. Per la natura del cerchio farà  $PN = \sqrt{2rx - x^2}$ ; ed ancora Pp, ovvero NO, ovvero Rm = dx. La celerità acquistata nella discesa di Pp farà  $\sqrt{x}$ , onde ancora la velocità acquistata per lo piano Mm, farà  $\sqrt{x}$ . Onde essendo il moto per Mm uniforme, farà il tempo per Mm, ovvero  $dt = (Mm : \sqrt{x})$ . Ma §. 947. il triangolo MRm  $\simeq$  BPS; dunque  $Mm : mR :: BS : BP$ . Di più nel triangolo rettangolo ASB abbiamo dal libro 6.;  $AB : BS :: BS : BP$ ; dunque  $BS : BP$  è in ragione sudduplicata di  $AB : BP$ , ovvero  $BS : BP :: \sqrt{AB} : \sqrt{BP}$ ; onde  $Mm : mR :: \sqrt{AB} : \sqrt{BP}$ , e perciò  $Mm = (mR \sqrt{AB} : \sqrt{BP})$ ; e sostituendo i valori,  $Mm = (dx \sqrt{a} : \sqrt{2r - x})$ ; onde essendo  $dt = (Mm : \sqrt{x})$ , sostituendo il valore di sopra farà  $dt = (dx \sqrt{a} : \sqrt{x} \sqrt{2r - x})$  ovvero  $dt = (dx \sqrt{a} : \sqrt{2rx - x^2})$ , e moltiplicando la frazione per 2r farà  $dt = (2rdx \sqrt{a} : 2r \sqrt{2rx - x^2})$ ; ma l'arco del cerchio Nn =  $(rdx : \sqrt{2rx - x^2})$ , dal Problema 52. capo 3. dell'analisi infinita di Wolfio; dunque  $dt = (2\sqrt{a} \times Nn : 2r)$ , e risolvendo in proporzione  $dt : 2\sqrt{a} :: Nn : 2r$ . Ma  $2\sqrt{a} = (2a : \sqrt{a})$ ; dunque  $dt : (2a : \sqrt{a}) :: Nn : 2r$ . Ma il tempo per da è uguale  $(da : \sqrt{da})$ ; dunque integrando, il tempo intero per la perpendicolare AB, farà  $(2a : \sqrt{a})$ . Supponiamo ora, che dt diventi t, cioè esprima l'intero tempo per l'arco QB, ancora Nn degenererà nella periferia del cerchio BNH, e perciò essendo 2r il diametro BH, in vigore della proporzione ultima il tempo della discesa per l'arco cicloidale QB farà al tempo della discesa per lo diametro del cerchio genitore AB, come la periferia del cerchio al diametro. Come dovea dimostrare.

949. Da

### 358. CAPO XVIII. DE' PENDOLI.

949. Da questo teorema ne siegue, che qualunque arco di cicloide descrive il pendolo lo farà nel tempo stesso per la proporzione costante, che passa tra la periferia di qualunque cerchio, e il suo diametro, dunque la cicloide è una curva *tautocrona*.

Tav. 25.  
Fig. 8.

950. Per obbligare il pendolo a descrivere archi cicloidalì, è necessario offervare; che se un filo flessibile AFC si adatti alla curvatura d'una lastra BMC, che si chiama *evoluta*, nello sciogliersi da questa; o nello staccarsi il punto E dal punto B, dovrà la sua estremità E descrivere una curva BEA; il filo EM si chiama *raggio della evoluta*. Ora se le due lastre d'acciajo BMC, CD siano due mezze cicloidi, il filo EMC nello sciogliersi descriverà una cicloide BAE.

Tav. 25.  
Fig. 9.

951. Per dimostrarlo sia FMB il cerchio, che produce le due semicicloidi AqC, CD. Si faccia AD uguale alla periferia del cerchio genitore FMB, e il filo CB uguale a due FB, se in B si attacchi un globo descriverà una cicloide ABD uguale alle due cicloidi AC, DC. Imperocchè s'innalzi il perpendicolo Af = FB, e si tiri fC. Quindi dal punto q, dove si scioglie il filo, si tiri qmp, e dal punto R, dove bacia la curva AR, che descrive, si tiri RMP parallela alla AF. Fatti inoltre i semicerchi fmA, FMB si tirino le corde mA, MF. Per la natura della evoluta l'arco Aq = RNq; ed Rq, toccando l'arco cicloidale Aq, farà parallela alla corda Am, e l'arco Aq = 2Am §. 946. 947.; onde ancora Rq uguale 2Am. Ma CF = FB per ipotesi; dunque per la natura della evoluta del filo CB farà la linea Nq = NR. Perchè mentre il filo CB si applica alla curva Cq, altrettanto si abbrevia nel punto R; dunque ancora qN = mA, e perciò mq = AN per la 33 del lib. I. d'Euclide. Nella stessa maniera dimostrerò, che NRMF è un parallelogrammo; e perciò NF = RM, FM = NR = Nq = mA. Onde essendo le corde mA, FM de' cerchi uguali, fra loro uguali, ancora l'arco Am farà uguale all'arco MF. Ma la linea mq, ovvero AN è uguale all'arco mA §. 945. o all'arco FM; e la fC, o pure AF = fmA, ovvero FMB per la costruzione; dunque il restante NF, o la sua uguale MR = MB; e perciò il punto R farà nella cicloide §. 945. onde la curva ARBD farà una cicloide. Come dovea dimostrare.

Tav. 25.  
Fig. 10.

952. Dal pendolo semplice si passa facilmente a parlare dal composto. Potendo il pendolo semplice cangiarsi in composto o per la gravità dell'asta, o per la mole del globo, o perchè siano più globi all'asta attaccati, esamineremo quell'ultimo caso, che darà lume per gli

gli'altri. Siano all' asta CA annessi due globi A, B a diverse distanze dal centro C di sospensione. Non è difficile il vedere, che abbiamo due pendoli di lunghezze diverse in uno, cioè il pendolo CB, e CA. Se il primo fosse solo, essendo più corto di CA, andrebbe più veloce, se CA fosse solo andrebbe più tardo di CB. Dunque essendo uniti insieme, dovrà il globo B accelerare, A, e questo ritardare B. Onde amendue i globi operano uno contro all' altro, e ciò per lo proprio peso, e le velocità, colle quali si muovono, che sono espresse per le distanze CB, CA dal punto C di sospensione, intorno al quale descrivono archi simili. Perciò tra tutti e due i globi A, B si darà un punto simile al centro di gravità, che però dovrà chiamarsi *centro de' momenti*, perchè si tratta non delle semplici gravità, ma de' loro momenti. Il momento del globo A farà  $A \propto AC$ , quello di B farà  $B \propto BC$ .

953. Questo centro dividerà la distanza de' globi A, B in ragione reciproca de' loro momenti, e amendue i globi colle loro azioni s' uniranno a muovere questo punto; quasi che in esso fossero ambidue posti. Dunque supposto che questo punto sia D, vi si concepirà unita la forza di tutti due i globi; e perciò meritamente ancora si chiama *centro di percussione*; perchè se il pendolo CBA nel muoversi urta in un corpo, il massimo urto lo farà nel punto D. Lo stesso ancora dicesi *centro di vibrazione, o d'oscillazione*, perchè concependosi unita la forza de' due pendoli CB, CA, trovato questo punto D, se si facesse un pendolo la cui lunghezza fosse CD, e nel punto D s' unissero i due momenti de' globi B, A, farebbe un pendolo semplice isocrono al composto CBA.

954. La dottrina adunque de' pendoli composti si riduce tutta a trovare il loro centro d'oscillazione, ovvero la lunghezza del pendolo semplice, che faccia le sue vibrazioni nel tempo stesso del pendolo composto. Siccome in tre maniere può questo accadere, così tre casi distingueremo ne' pendoli composti.

955. I. Sia il pendolo CBA composto di più globi, e debba determinarsi il suo centro d'oscillazione. La regola è la stessa, che per trovare il centro di gravità §. 684. con questa sola differenza, che qui deve stabilirsi il centro de' momenti, dividendo la distanza BA in ragione reciproca de' momenti; cosicchè  $A \propto AC : B \propto BC :: BD : AD$ . Questo centro de' momenti deve esser diverso da quello di gravità; di modo che, se D sarà quello de' momenti, quello di gravità farà

## 360 CAPO XVIII. DE' PENDOLI

farà in E, o in qualunque altro punto, che divida la distanza AB in ragion reciproca de' loro pesi.

Tav. 25.  
Fig. 11.

956. II. Sia il pendolo CA composto, perchè il volume GIFH del globo è grande, e perciò il suo centro di gravità non può concepirsi unito in G. Diviso il globo in due metà IGH, IFH, si possono concepire all' asta CG attaccati due mezzi globi; e perciò la stessa regola data di sopra servirà ancora in questo caso. Trovati il centro di gravità del mezzo globo IGH, che sia B, e quello di IFH che sia A; essendo i due semiglobi dello stesso peso, i loro momenti faranno come le velocità BC, AC, colle quali si muovono. Dunque dovrà dividersi la sostanza AB in ragione reciproca delle velocità, e fare  $AC:BC::BD:ED$ , il qual punto D d'oscillazione sarà necessariamente diverso da quello del volume E, o della sua gravità, essendo il corpo omogeneo.

957. III. Di più difficile considerazione è il terzo caso, in cui il pendolo diventa composto, perchè l' asta è pesante, nè vi è sospeso alcun altro corpo. Per concepire il modo di determinare in qualunque asta sospesa da una sua estremità il centro d'oscillazione, è necessario supporre una regola, che dà il Wolfio nel teorema 62 del Capo 10. della Meccanica, per determinare alla prima la lunghezza del pendolo semplice isocrono al composto. Ciascun peso si moltiplichi nel quadrato della distanza dal centro di sospensione, e la somma di questi prodotti si divida per la somma de' momenti di tutti i pesi attaccati all' asta; il quoziente darà la lunghezza del pendolo semplice ricercato.

Tav. 25.  
Fig. 10.

958. Questa regola di Wolfio non è difficile coll' Analisi idimostrarla. Sia il peso di B espresso con p, di A con P; la lunghezza AC si chiami V, la lunghezza BC si dica v; AD sia x; farà  $AB = V - v$ , per la regola di trovare il centro di gravità §. 684., o nel nostro caso quello de' momenti, avremo questa proporzione  $PV \mp pv : V - v :: pv : x$ ; onde AD ovvero  $x = (Vpv - pv^2 : PV \mp pv)$ , e perciò  $DC = V - (Vpv - pv^2 : PV \mp pv) = (PV^2 \mp pv^2 : PV \mp pv)$ , se si sommino insieme per le regole delle frazioni il numero intero V colla sua frazione vicina. Come dovea dimostrare.

959. Sia ora l' asta pesante AB sospesa dal punto A. Il suo centro d'oscillazione sia D, e la DP sua parte infinitamente piccola. AB si chiami a; AD si dica x; DP s' esprimerà per dx, essendo la velocità di questa particella espressa per DA, il suo momento  
sarà

farà  $x dx$ . Secondo la regola di Wolfio §. 959. la distanza del centro d'oscillazione nella parte AD s'esprimerà coll'aggregato di tutte le particelle  $dx$ , e de'loro momenti; onde così sarà espressa  $\int x^2 dx : \int x dx$ . Ma l'integrale di questa frazione è  $\frac{1}{3} x^3 : \frac{1}{2} x^2 = \frac{2}{3} x$ ; dunque la distanza del centro d'oscillazione  $AD = \frac{2}{3} x$ . Che se vogliamo la distanza di questo centro in tutta l'asta AB, si sostituisca ad  $x$  la lettera  $a$ ; e avremo  $AD = \frac{2}{3} a$ . Come dovea ritrovarsi.

960. Per mezzo di questa regola possiamo facilmente determinare, dato qualunque bastone, che sia sospeso da una sua estremità, e oscilli come un pendolo, il suo centro di vibrazione, o della massima percossa. Si divida in tre parti uguali il bastone, e cominciando dal primo punto di divisione dalla parte di sotto, quivi farà il centro della massima percossa. Ciò è conforme alla sperienza, che può facilmente chiunque ripetere.

## C A P O XIX.

### Arte Balistica.

961. **P**rojetto si dice un corpo, che viene in aria scagliato; quell'arte, che tratta del moto de' progetti, si chiama *Balistica*. La linea, per la quale il corpo è spinto, si chiama *direzione della proiezione*; se questa è parallela all'orizzonte, chiamasi *orizzontale*, se è obliqua, *direzione obliqua*; l'angolo che fa questa coll'orizzontale, si chiama *angolo di proiezione*. Un corpo gettato in aria e mosso da due forze, la prima delle quali è la forza di proiezione, la seconda è la forza di gravità, quella è costante, se si prescinde dalla resistenza dell'aria, che ogni momento la ritarda, questa è uniformemente accelerata. Onde avremo il teorema fondamentale del moto de' progetti.

### PROPOSIZIONE XXXI.

*Un grave spinto per qualunque direzione, non computata la resistenza dell'aria, e poste le direzioni de' gravi a terra tra loro parallele, descrive una parabola Apolloniana.*

962. **S**ia I. la direzione, che si dà al grave AB parallela all'orizzonte, divisa AB in parti uguali AO, OO, OO, OB ec. le descriverà in tempi uguali, essendo il suo moto uniforme per ipotesi, perchè comunicato tutto in un colpo, nè ritardato

Tav. 25.  
Fig. 13.

Tomo I.

Zz

dal-

dalla resistenza dell'aria. Ma nel tempo, che la forza *proiettile* obbliga il corpo a descrivere spazj uguali in tempi uguali, la gravità ne' tempi stessi l'obbliga a percorrere gli spazj Om, ovvero AP, PP, PP, che sono come i numeri dispari 1, 3, 5 ec. §. 543. o computando dal principio del moto gli spazj Om, Om, Om, che sono come i quadrati de' tempi, dunque il corpo di moto composto descriverà la parabola d' Apollonio §. 444. Come dovea per primo dimostrare.

Tav. 16.  
Fig. 1. 2.

963. Sia II. la direzione obliqua AO di sotto in sù come nella figura 1, ovvero di sopra in giù come nella figura 2, la dimostrazione è sempre la stessa, perchè essendo Om, Om, che esprimono le direzioni de' gravi parallele tra loro per ipotesi, AOmp saranno parallelogrammi; e perciò trà i lati di questi passando la stessa proporzione, che tra quelli de' parallelogrammi, quando la direzione è orizzontale, anche in questo caso la linea Ammm farà una parabola Apolloniana. Come dovea per secondo dimostrare.

964. Quantunque le direzioni de' gravi essendo per esperienza perpendicolari al globo terracqueo, non possano essere tra loro parallele, ma divergenti andando in sù, e convergenti verso il centro della terra andando in giù; ciò non ostante essendo piccola la distanza, alla quale arriviamo sopra la terra, e questa infinitamente piccola rispetto alla distanza; a cui siamo dal suo centro, ne viene in conseguenza, che quanto al senso, possiamo riputare le direzioni come parallele tra loro. Così ancora la resistenza dell'aria, quantunque vi sia realmente, ciò non ostante è così insensibile rispetto alla gravità de' corpi, che può considerarsi per niente. Onde è, che il moto de' proietti realmente farà parabolico.

965. Se la resistenza del mezzo, in cui si muovono fosse sensibile, allora il moto di proiezione si ritarderebbe secondo la legge, colla quale il fluido resiste, e perciò non sarebbe più uniforme, ma ritardato ogni momento, come accaderebbe ad una piuma gettata in aria, perchè è poco pesante. Quale in questo caso debba esser la curva descritta dal progetto, lungo sarebbe il determinare, e più geometrico, che fisico. Il Newton ne' suoi principj, e Wolfionel capo 14. della sua Meccanica diffusamente l'espongono, parlando della resistenza de' mezzi.

Tav. 17.  
Fig. 1.

966. *Esperienza.* Ciò che abbiám detto del moto de' proietti, e che in appresso esporremo, si dimostra per esperienza colla seguente macchina. OPQD è una cassa più lunga, che larga, ad un lato della quale sta perpendicolare la tavola GDAC. Sopra la piccola tavola A

v'è

v'è il tubo A, che comunica col tubo di vetro BCR, che dalla parte R s'empie d'argento vivo. Unito al tubo A ve n'è un piccolo n, a cui si può dare per mezzo d'una vite qualunque direzione, o perpendicolare verso C, o verso F, G, ovvero orizzontale verso H, o inclinata ec. E' in arbitrio di ciascheduno formare il tubo, come vuole, purchè possa girarsi per tutte le direzioni, e sempre comunicare col tubo A, e perciò ancora con BC. Al tubo A v'è una chiave, colla quale si dà, o preclude l'adito al mercurio d'uscire dal tubo n. Data a questo la direzione perpendicolare nC, e aperta la chiave, il mercurio col proprio peso scendendo dall'altezza CB acquista una data velocità per salire in C perpendicolarmente. Ma se si dirige l'estremità del tubo n verso F, l'argento vivo esce spinto dalla pressione GB, e dalla propria gravità, e forma una linea curva A K K, spinto verso G, la linea curva A L M, spinto orizzontalmente in H, la curva A E D. Misurando queste curve si troveranno essere altrettante parabole. Con questa macchina ancora si proveranno facilmente l'altre verità della Balistica.

967. Queste dimostrazioni confermate dalla sperienza fanno strada all'arte di gettar le bombe, e diriggere i cannoni contro le fortezze, che è la dottrina principale d'un Artigliere, o di quella parte di Balistica, chiamata *Artiglieria*. In esse abbiamo sempre supposto il moto de' gravi uniformemente accelerato, e perciò la gravità costante; nel Trattato delle Forze Centrali determineremo la curva, che descrivono i progetti posta la terza legge di gravità inversamente, come i quadrati della distanza da terra.

968. Dalla dottrina esposta ne siegue, che se diriggasi colla forza di proiezione un grave al punto O, colà non ferirà, perchè descrivendo la curva Ammm, dovrà in fine del suo moto trovarsi in m. Onde è, che per obbligarlo a cadere in B, bisogna diriggerlo in R; allora col percorrere la parabola AmB, caderà precisamente nel punto B. Quindi nasce la regola per gli progetti, che *per ferire allo scopo conviene mirare più alto*. Così osserviamo per lo più nelle cacce, che mirando sopra il capo dell'animale si colpisce la testa, mirando la testa il petto, mirando il petto le gambe.

969. Contro questa conseguenza cavata dalla proposizione pare, che sia l'esperienza quotidiana de' cannoni, ne quali non s'osserva questo abbassamento, che fa la palla dalla linea di direzione, specialmente se la distanza dallo scopo è piccola, per esempio di 70 passi. Ma conviene riflettere in primo luogo, che quando è piccola la di-

Tav. 26.  
Fig. 1.

Tav. 26.  
Fig. 3.

stanza, e grande la velocità della polvere, allora la palla in brevissimo tempo descrive la distanza, e perciò la gravità, che gli fa percorrere solamente 15 piedi Parigini, o 16 d'Inghilterra in un secondo, non ha tempo da farle descrivere perpendicolarmente uno spazio sensibile. In secondo luogo i cannoni essendo più larghi in G, che dalla parte davanti in M, l'occhio posto in G mirando per li traguardi secondo la linea Gbe crede diriggere la palla in c, quando realmente la dirige per la linea Mba, e perciò più alta dello scopo c, che si prefigge di colpire; onde la palla scendendo dal punto a in c per la propria gravità di fatto colpisce lo scopo. Ciò deve attentamente osservarsi in tutti i casi di proiezione.

Tav. 27.  
Fig. 2.

Tav. 26.  
Fig. 3.

970. Resta ora a determinare di molte parabole, che può descrivere un progetto, secondo che l'angolo è maggiore o minore, e a porzione della forza maggiore, o minore della proiezione, quale sia quella, che realmente descriva, dipendendo, come è facile il vedere, dall'angolo, e dalla forza impressa, la diversità delle parabole. A questo fine convien notare, che essendo AR la direzione, AB l'orizzontale, RAB l'angolo d'inclinazione, AMB la parabola dal grave descritta, AB si chiama l'*Ampiezza del getto*, la quale in questo caso coincide coll'orizzontale, in altri casi, è a questa inclinata. La linea mn calata dalla sommità della parabola perpendicolare all'orizzontale, si dice l'*altezza massima del getto*. Presa AR per seno tutto, cioè supponendo col far centro in A descritto un circolo coll'apertura AR, essendo RB perpendicolare all'orizzontale AB, farà RB seno dell'angolo d'elevazione RAB, e la linea AB per l'angolo B retto, essendo seno dell'angolo R, che è il compimento di A ad un retto; perchè i tre angoli d'ogni triangolo sono uguali a due retti, si chiamerà *Coseno* dell'angolo RAB d'inclinazione. Se si tira AS parallela alla RB, si chiama questa diametro della parabola AMB, fatta  $AS = RB$  è tirata SB, e a questa la parallela mb, sono BS, ma le ordinate della parabola. Chiamate queste y, e le ascisse corrispondenti Ab, AS, dette m; proprietà fondamentale della parabola secondo il trattato delle curve è, che il quadrato di ciascuna ordinata sia sempre uguale al rettangolo fatto dall'ascissa corrispondente, e da una retta tirata all'estremità del diametro AS, che è sempre d'una costante lunghezza, e viene detta *Parametro*. Onde questa equazione  $y^2 = mx$  esprimerà ogni parabola; posto che x significhi il parametro rispetto al diametro AS.

PRO-

ARTE BALISTICA. 365  
PROPOSIZIONE XXXII.

*Dato l'angolo RAB d'elevazione, e la distanza AB, alla quale deve il grave gettarsi, dobbiamo ritrovare il Parametro, del diametro AS della Parabola AmB.*

971. **I**L seno tutto si chiami  $t$ , il seno d'elevazione  $a$ , il coseno  $b$ , l'ampiezza  $AB$  si dica  $c$ , il Parametro  $x$ . Essendo  $AR$  seno tutto, avremo.

$$b : a :: AB : BR, \text{ cioè}$$

$$b : a :: c : \frac{c}{x} = BR$$

Ma  $BR = AS$  per la costruzione; dunque ancora  $AS = \frac{c}{x}$

Di più sarà  $b : t :: AB : AR$

$$\text{e ancora } b : t :: c : \frac{c}{x} = AR$$

Ma  $AR = SB$  per la costruzione, dunque ancora  $SB = \frac{c}{x}$ . Per la proprietà della Parabola abbiamo §. 970.,  $x \propto AS = \overline{SB}^2$ , e sostituendo i valori trovati di  $AS, SB$ , sarà  $\frac{c}{x} = \frac{c^2}{x^2}$ , onde  $ax = \frac{c^2}{x}$ , e perciò  $x = \frac{c^2}{a}$ . Come dovea trovarsi.

972. Per la trigonometria il seno tutto  $AR$  è mezzo proporzionale tra il coseno  $AB$ , e la secante dell'angolo  $RAB$ , perciò se questa si dica  $y$ , avremo  $b : t :: t : y$ , e perciò  $y = \frac{t^2}{b}$ . Nella penultima equazione era  $ax = \frac{c^2}{x}$ , onde risolvendola in proporzione sarà  $0 : x :: a : \frac{c^2}{x} = y$ , dal che ricaviamo il seguente teorema di sommo uso nella Balistica. *L'ampiezza  $AB$ , è al parametro del diametro  $AS$ ; come il seno  $RB$  dell'angolo d'elevazione, alla secante dello stesso angolo.*

973. Per la Trigonometria inoltre abbiamo, che il seno tutto, è al doppio seno dell'angolo dato; come il coseno di quest'angolo al seno del doppio angolo dato. Onde chiamato nel caso nostro  $z$  il seno dell'angolo doppio di  $RAB$ , avremo  $t : 2a :: b : z$ , e perciò  $z = \frac{2at}{b}$ . Ma dalla penultima equazione della proposizione abbiamo  $ax = \frac{c^2}{x}$ , e moltiplicando per  $z$ , si ha  $2ax = \frac{2atc^2}{x}$  e trasponendo,  $ct = \frac{2atc^2}{x^2}$ , e risolvendo in proporzione  $t : \frac{2atc^2}{x^2} :: \frac{c}{x} : c$ : dunque essendo  $\frac{2atc^2}{x^2} = z$  abbiamo quest'altro teorema. *Il seno tutto, è al seno del doppio angolo d'elevazione, come il semiparametro all'ampiezza della parabola.*

974. Dandosi perciò una ragione costante tra il seno tutto, il seno doppio, il semiparametro, e l'ampiezza; e per la Trigonometria il massimo seno essendo il raggio del cerchio, o il seno dell'angolo retto; ne siegue, che la massima ampiezza, alla quale può arrivare

vare un progetto, posta sempre la stessa celerità, e quando si dirige con un angolo di gradi 45 d'inclinazione; onde *la massima ampiezza è col l'angolo semiretto*. Imperocchè il seno del doppio angolo di 45 gradi è il seno di gradi 50.; onde è in questo caso §. 973. il seno del doppio angolo lo stesso, che il seno tutto. Perciò nel diriggere i mortai da bomba, e i cannoni, la massima elevazione, che loro si può dare è di gradi 45.

975. Quando la celerità, che ha il progetto è la stessa, nel tempo medesimo descriverebbe spazjuguali, onde il paramento della parabola, che due progetti descrivono con celerità uguale, quantunque l'angolo sia diverso, sarà la stessa. Perciò se due progetti siano spinti colla stessa velocità sotto angoli diversi, le loro ampiezze saranno, come i seni de' doppj angoli d' elevazione. Imperocchè in amendue il seno tutto è al seno del doppio angolo, come il semiparametro all' altezza §. 973., onde essendo i parametri uguali, sarà il seno tutto al semiparametro del primo, come il seno tutto al semiparametro del secondo, e perciò l' ampiezza del primo a quella del secondo, come il seno del doppio angolo del primo a quello del secondo. Questo è ancora uno de' teoremi fondamentali per l' arte Balistica, ed è facile d' applicarsi alla pratica. Un mortajo da bomba elevato sotto l'angolo di gradi 30, e un altro uguale sotto l'angolo di gradi 40, quando siano caricati della stessa quantità, e qualità di polvere le ampiezze, alle quali arriveranno le bombe saranno come 60: 80.

976. Essendo per la trigonometria i seni degli angoli equidistanti dal retto gli stessi, posta la medesima velocità di proiezione, ancora le ampiezze saranno le stesse. Dal che nasce, che al mortajo, o al cannone possiamo dare una doppia elevazione, perchè vada a ferire lo stesso scopo. Perciò essendo la massima distanza sotto l'angolo di gradi 45, dando al cannone l'elevazione di gradi 40, o di 50; di 30, o di 60, la palla andrà alla stessa distanza; perchè questi numeri sono equidistanti dal grado 45, i primi in difetto, i secondi in eccesso. Nel computare la stessa velocità non tanto conviene aver riguardo alla quantità della polvere, che sia la stessa, quanto alla sua bontà, che dipende dall' accenderfi prontamente, il che quanto più speditamente si fa, tanto maggior velocità acquista la palla, niente influendo a questo la polvere, che non accesa cade avanti la bocca del mortajo.

977. Prima di compiere il moto de' progetti, è necessario esporre le formole, che dà il Maupertuis nelle memorie dell' Accademia Reale

le del 1731., le quali contengono le cose più necessarie intorno a questo moto, che sono esposte in interi trattati.

„ I. La velocità colla quale è spinto un progetto sia quella, che acquisterebbe cadendo dall' altezza AC, e si chiami  $\sqrt{a}$ ; sia AQ = t, QM = z; uscendo la palla colla direzione AG avremot: 2z: :  $\sqrt{a}$ :  $\sqrt{z}$ ; onde  $t^2 = 4az$ . Per riferire questa parabola alla linea orizzontale AH, che fa con AG un angolo, il cui raggio essendo = 1, la tangente = n; sia AP = x, PM = y, PQ = nx, si avrà QM = PQ - PM (z = nz - y)  $AQ^2 = AP^2 + PQ^2$  ( $t^2 = x^2 + n^2 x^2$ ), e cassando z, t dalla prima equazione  $t^2 = 4az$ , si trova ( $n^2 + 1$ )  $x^2 = 4naz - 4ay$ .

Tav. 27.  
Fig. 3.

„ II. Per colpire nel punto dato E con una carica data di polvere. Sia AD = b, ED = c, bisogna, che quando x diventa b, y divenga c; si ha dunque ( $n^2 + 1$ )  $b^2 = 4nab = 4ac$ . Dal che si cava per la direzione del mortajo  $n = \frac{b}{a} \pm \frac{1}{2} \sqrt{4a^2 - 4ac - b^2}$ . Dove si vede, che per colpire E con una carica data, vi sono due situazioni del mortajo.

„ Cor. 1. Affine, che n sia possibile, bisogna, che  $4a^2 =$  ovvero  $> 4ac + b^2$ .

„ Cor. 2. Allorchè E sta sull' orizzonte si ha  $n = \frac{b}{a} \pm \frac{1}{2} \sqrt{4a^2 - b^2}$ .

„ Cor. 3. Allorchè E sta di sotto, si ha  $n = \frac{b}{a} \pm \frac{1}{2} \sqrt{4a^2 + 4ac - b^2}$ .

„ Per colpire il punto dato E sotto una direzione data; si ha  $a = \frac{b^2 + c^2}{4b - 2c} b^2$ . Il che determina la quantità della carica.

„ Coroll. Si vede da ciò, che per una situazione costante del mortajo la lunghezza orizzontale del getto è proporzionale alla linea CA, che si prende per la forza del getto. Poichè essendo  $c = 0$ , si ha  $b = \frac{a^2}{2n}$  a.

„ IV. Per trovare la direzione del più lungo getto possibile. Si ha  $AB = x = \frac{an}{n^2 + 1}$  a, che deve essere un massimo. Differenziando, dunque questa quantità, o semplicemente  $\frac{an}{n^2 + 1}$ , e facendo la differenza = 0, si trova  $n = 1$ . Dove si vede che l' angolo semiretto dà il più lungo gitto orizzontale possibile.

„ Per trovare la più piccola carica, che possa colpire il punto E. Si ha  $a = \frac{b^2 + c^2}{4b - 2c} b^2$ , che deve essere un minimo. Trovando dunque la differenza di questa quantità, facendo n variabile, ovvero trovando la differenza semplicemente  $\frac{b^2 + c^2}{4b - 2c}$ , si trova  $n = \frac{b}{c} \pm \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + 4c^2}$ ; sostituyendo il valor positivo per n in  $a = \frac{b^2 + c^2}{4b - 2c} b^2$ , si trova  $a = \frac{1}{2} c \pm \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2}$ .

L' A R.

## L'ARTIGLIERIA.

978. **D**EL moto de' progetti abbiamo già dato i fondamentali teoremi, chi più cose ne desidera, può trovarle nella Meccanica di Wolfio, nelle Opere di Galilei, in quelle di Evangelista Torricelli stampate a Firenze nel 1644., nel trattato *De Motu projectorum*, che si trova nelle Opere di Rogero Cotes stampate da Roberto Semith a Cambridge nel 1722., e in altri. Ora è conveniente far menzione della pratica Balistica, detta comunemente Artiglieria, della quale ottimamente discorre Michele Mitet nella pratica dell' Artiglieria Moderna stampata a Francfort nel 1684., Surireo di S. Remigio nelle memorie d' Artiglieria nel 1707., Coeronio nel libro Olandese dell' Artiglieria stampata a Amburgo nel 1699., Francesco Blondel nell' arte di gittare le bombe, stampato a Parigi nel 1683.; de Belidor nel Bombardiero Francese ristampato in Amsterdam nel 1734. L' Artiglieria è fondata sopra la Balistica, ma più cose ricava dalla speriienza, come ora esporremo.

979. Il *Calibro* è il diametro del mortaro, del cannone, o del globo. La *Riga del calibro* è una piastra d'ottone, ove sono notati i diametri, che devono avere le palle di marmo, o di ferro acciocchè pesino 1, 2, 3 ec. libbre. Il peso, e il diametro, che ha la prima palla, non si può definire, che per mezzo dell' esperienza, non essendo tutto il ferro, e il marmo dello stesso peso. Definito questo in una palla qualunque, questa è la regola per trovare il diametro dell' altre palle, della stessa materia, e d' un dato peso. *Il cubo del diametro del primo globo si moltiplichi nel peso, il cui diametro cerchiamo, e dividendo il prodotto per lo peso del primo globo, dal quoziente si estraiga la radice cubica, sarà questa il diametro cercato dell' nuova palla d' un dato peso.* Sia 4 pollici il diametro della palla d' una libbra, debba trovarsi quello d' una, che pesa due libbre. Il cubo di 4 è 64, che moltiplicato per 2 fa 128.; la cui radice cubica, che è prossimamente 5, darà in pollici il diametro d' una palla dello stesso marmo, che pesa due libbre. La ragione di questa regola è, che parlando di corpi della stessa materia i loro volumi sono come i pesi; ma i volumi per la Geometria solida sono tra loro in ragione triplicata, o come i cubi de' diametri; dunque ancora i pesi seguiranno la stessa ragione, e perciò se il peso del primo globo si chiami  $p$ , quello del secondo  $P$ , il diametro del primo  $d$ , del secondo che deve trovarsi  $D$ , il

D, il volume primo farà a quello del fecondo come  $d^3 : D^3$ ; ed effendo  $p : P :: d^3 : D^3$ , farà  $D^3 = (Pd^3 : p)$ , e perciò  $D = (\sqrt[3]{Pd^3 : p})$ .

980. I cannoni fi fanno di ferro, o pure che è meglio di rame, ftagno, e ottone fusi con quefta proporzione, ad ogni 100. libbre di rame mifchianfi 10 di ftagno, e 8 d'ottone. In cafo di neceffità fono ancora ftati fatti di cuojo, come inftegna Ernefto Braunio, e gli Svezzefti nel paffato fecolo gli adoperarono.

981. Il cannone groffo in Germania pefa libbre 9000., il fuo calibro è di libbre 54, il pefo però della palla, che ha minor diametro della bocca del cannone, è di libbre 48, la lunghezza è di piedi 18. Il cannone mezzano è di pefo libbre 6400, il calibro di libbre 27, il pefo libbre 24, la lunghezza 21, 22, o 24. Il minimo chiamato falconetto, o falconio pefa libbre 100, il calibro è  $\frac{17}{16}$  di libbra, il pefo del globo libbra 1, la lunghezza piedi 38.

982. Il cannone maffimo de' Francefti pefa libbre 6200, il pefo del globo è libbre 33, la lunghezza piedi 11, dita 1. Il mezzo cannone detto cannone Spagnuolo pefa libbre 5100, la palla lib. 24 la lunghezza è piedi 10 detti 11  $\frac{1}{2}$ . Il mezzo cannone Francefe detto colubrina pefa lib. 4100, il globo lib. 16, la lunghezza è piedi 10, detti 10. La quarta parte del cannone Spagnuolo è lib. 3400, il globo lib. 12, la lunghezza piedi 10, dita 9  $\frac{1}{2}$ . La quarta parte del Francefe pefa lib. 1950, il globo lib. 8., la lunghezza è piedi 10, dita 7  $\frac{1}{2}$ . Il cannone mezzano pefa lib. 1300, la palla lib. 4, è lungo piedi 10, detti 7. Il falconetto pefa da lib. 150, fino ad 800, il globo pefa da lib. 2 fino ad  $\frac{1}{2}$ , la lunghezza da piedi 7 fino ad 8, e dita 6  $\frac{1}{2}$ .

938. Il cannone maffimo, o reale degl' Inglefti pefa lib. 8000, il globo lib. 58, la lunghezza è piedi 12. Il cannone mezzano, detto mezzo cannone pefa lib. 5400, il globo lib. 30, è lungo piedi 11. Il falconetto pefa lib. 400, il globo lib. 1 oncie 5, è lungo piedi 6. Il rabinetto pefa lib. 300, il globo oncie 8, è lungo piedi 5, dita 6.

984. L'efperienza inftegna I. che i cannoni più corti mandano più lontano la palla de' più lunghi; ciò rapprefe Guftavo Re di Svezia nel 1624, effendofi a cafo rotta da un cannone una parte lunga pied 2  $\frac{1}{2}$ , e fequitando a tirare, offervò, che la palla colla ftessa carica andava più lontana. La ragione di ciò è evidente, quando un cannone ha quella determinata lunghezza, che fi ricerca, acciocchè la polvere, che in effo fi pone poffa tutta accendersi, prima ch'efca la palla, allora ogni palmo di più di lunghezza non ferve ad altro,

che per far' urtare la palla, che ha già ricevuta tutta la sua velocità, contro i lati del cannone, ed diminuirgli con ciò la velocità ricevuta. Lo stesso accidente accaduto al Re Gustavo pare, che confermi la ragione, che ne abbiamo data. Onde essendo due cannoni dello stesso calibro, e di lunghezza diversa, si ricercherà maggior polvere nel più lungo, acciocchè mandi la palla alla stessa distanza del più corto.

985. II. La sperienza ancora ha insegnato, che i cannoni di maggior calibro mandano la palla più lontana, che quelli di minor calibro, di ciò abbiamo reso ragione nel §. 166.

986. III. La stessa sperienza ha definito la quantità della polvere necessaria ne' cannoni, che deve essere la metà del peso del globo, onde per 30 libbre di palla si ricercheranno 15 libbre di polvere. Ma se debbano gittarsi a terra i bastioni delle fortezze, o deve essere il peso della palla a quello della polvere sesquialtero, cioè come 3. 2, o uguale.

987. IV. Inoltre ha ancora l'esperienza definita l'ampiezza del getto, posta l'elevazione di gradi 45, e il peso della polvere a quello della palla come 1 : 2. Il cannone massimo di Germania coll'angolo di gr. 45, mandò la palla a 6000. passi, colla direzione orizzontale a 500. Il tormento mezzano coll'angolo di 45, alla distanza di passi 5070, orizzontalmente posto a 420. Il falconetto coll'angolo di 45 alla distanza di passi 3320, orizzontalmente a 280. Il cannone grosso di Germania non può tirare, che 50, o 60 colpi al giorno, se ne fa più, è a rischio di spezzarsi. Il cannone mezzano solamente colpi 80. Il falconetto colpi 100. Il serpentino, quanti colpi si vuole. Il calibro di questo è d'once 8, il getto orizzontale è di passi 160, il massimo di 1870.

988. Mentre il cannone tira, retrocede sempre 2, o 3 passi. Alcuni di questo fenomeno rifondono la ragione nell'aria, che entrando nella cavità, o anima del cannone, dove si truova rarefatta dalla forza della polvere, lo respinge indietro. Ma siccome dimostra l'esperienza, che il cannone retrocede prima, che la palla esca, così la vera causa di questo effetto deve essere la forza stessa elastica della polvere da schioppo, che agisce ugualmente contro la palla, che contro il cannone, e gli comunica velocità reciproche a' loro pesi.

989. Lo stromento, col quale si dà al cannone una elevazione determinata, è la riga di legno, o di ottone AB, alla di cui estremità è attaccato un rettangolo, sopra cui è segnato un semicerchio AGD  
diviso

diviso in gradi. CG il divide in due quadranti, e al suo centro è attaccato il pendolo CF. Si pone la riga AB nella bocca ac del cannone che sia nel centro della medesima, quindi per mezzo de' prismi di legno m, h, e s'alza, e s'abbassa la parte di dietro R, sinchè l'angolo GCF fatto dal filo FC, e dal raggio CG sia di tanti gradi, quanta è l'elevazione, che si vuole dare al cannone. La ragione è manifesta, tirando RF orizzontale, e immaginandosi CG prolungata sinchè concorra colla RF prolungata. Il triangolo fatto dalla CG estesa, dalle CR, RF è rettangolo in C, e dall'angolo retto è calata la perpendicolare CE sopra l'ipotenusa; dunque per l'8 del lib.6. d'Eucl. l'angolo GCF = CRF, che è l'angolo d'elevazione.

990. I mortaj, co' quali si lanciano le granate, o le bombe sono più piccoli de' cannoni, come si vede in figura. La loro lunghezza deve esser uguale a  $2\frac{1}{2}$  diametri fm della bocca. Di questa lunghezza parti  $1\frac{1}{2}$  e lunga l'anima md, dove si mette la bomba. Dopo l'anima viene la camera accensoria c, che è meno larga dell'anima al didentro, ed è il suo diametro  $\frac{18}{28}$  del calibro del mortajo. La sua lunghezza non è un diametro mf, che resterebbe per compiere tutta la lunghezza mc del mortajo, ma solamente  $\frac{2}{3}$  mf, restando  $\frac{1}{3}$  per la grossezza del mortajo. In questa camera si mette la polvere, la cui quantità necessaria per tirare la palla in alto, si ha dividendo il peso del globo per 30. Onde se la palla pesasse 90 libbre, si ricercherebbero 3 libbre di polvere per gettarla in alto; non ricercandosi altro che questo nelle bombe, le quali non fanno il lor colpo coll'urto contro le fortezze, ma collo spezzarsi, appena che sono arrivate in terra, con danno degli assediati. Se la camera non si riempie di polvere, il luogo, che resta voto, si empie di fieno, e di poi con cespugli, o stame si copre la camera, e sopra vi si pone la bomba; che colla bocca guardi il fondo del mortajo. Sopra la bomba si calca del fieno, o stame con forza. La forma della bomba si vede in figura, dove A è la bocca, B, C sono i manichi, essendo vota al di dentro si riempie di polvere, chiodi, palle, e sassi, lasciando la miccia al di fuori, acciocchè possa accendersi nel tempo stesso, che si dà fuoco al mortajo, e durare finchè arrivi al luogo destinato, ove accendendo la polvere, che le sta dentro, manda questa in pezzi la palla con danno delle fortezze, e soldati.

Tav. 26.  
Fig. 6.

991. Lo stromento, col quale si dà l'elevazione al mortajo, è il quadrato ABDC, in cui è segnato il quadrante diviso in gradi DEA.

Tav. 27.  
Fig. 3.

Tav. 26.  
Fig. 4.

Dall'angolo B pende il filo BF. Posta la riga MI, che sta attaccata in mezzo al quadrato, nel centro della bocca, se per mezzo della vite hn, e catena nf s'abbassa la bocca fm, cacciando più in dentro i prismi H, a, o pure s'alza la bocca, finchè l'angolo MBG sia di tanti gradi, quanta è l'elevazione, che si vuole dare al mortajo, sarà questo ben situato. Perchè tirata l'orizzontale HN, farà NHBeG l'angolo d'elevazione, il quale è uguale all'angolo MBG, per gli angoli M, N retti, e gli angoli al vertice G uguali ne' due triangoli MGB, NGH.

## C A P O X X.

*Dinamica.*

992. **L**A *Dinamica* è quella parte di Meccanica, che insegna a determinare il moto, e la velocità de' corpi dopo che si sono urtati. Ogni fenomeno naturale nasce dal moto de' corpi, i quali o urtando se stessi, o le loro minime parti, producesi da sè una distribuzione di moto determinata nelle parti de' corpi, dalla quale nascono gli effetti, che tutto giorno vediamo, o per dir meglio sono gli effetti medesimi. Quindi nasce la somma necessità della *Dinamica*, di cui daremo un esempio nell'arte balistica. Gli antichi non avendo cannoni, per gittare a terra le muraglie delle Città, si servivano degli arieti, cioè d'una testa d'ariete, che era di metallo, sofpesa con corde a tre pali, il di cui peso era bene spesso di libbre 40000. e questa a guisa di pendolo con 100 uomini alzando, la facevano scendere contro a' muri per diroccarli. Supponiamo che l'alzassero un piede, l'urto contro al muro sarebbe stato  $1 \times 40000$ . Supponiamo ora un cannone, che porti una palla di libbre 58, può a questa per mezzo della polvere comunicarsi tale velocità, che in un secondo descriva 600 piedi; la sua forza dunque sarà  $58 \times 600 = 34800$ . Ecco in che maniera conoscendo la forza, e l'urto de' corpi possiamo con piccolissimo peso e con un uomo solo facilmente avere quasi lo stesso effetto, che coll'ariete degli antichi.

993. Questa parte di Meccanica fu totalmente ignota agli antichi; il primo, che cominciò a pensarvi fu Renato Cartesio, ma non già il primo a dare le vere leggi dell'urto; perchè volle esporle non consultando le sperienze, ma l'ipotesi già da esso formate, e specialmente quella della conservazione del moto. Il primo, che ne diede le vere leggi, fu il Wallis, come apparisce dal vol. I. delle *Tran-*  
faz.

faz. Anglicane, e Vol. I. delle sue opere, Mecc. p. 3. cap. II. 13. Non molto dopo Wrenno, e Cristiano Ugenio esposero le leggi dell'urto ne' corpi molli alla società dell'Inghilterra nello stesso modo determinate, senza che uno sapesse dell'altro, e Wrenno co'pendoli le dimostrò vere. Queste leggi dipoi espose il Mariotte, il Wolfio nella Meccanica, e Luigi Carrè nato a Nangis nel 1663. nelle Memorie del 1706.

994. I corpi altri sono *duri*, altri *molli*, altri *elastici* come abbiamo esposto nel §. 408. Urto diretto è, quando un corpo si muove contro ad un altro per una linea perpendicolare alla sua superficie, dal che si comprende l'*urto obbliquo*. L'urto si fa in tre maniere I. quando amendue i corpi si vengono incontro; II. quando uno sta fermo, e l'altro l'urta; III. quando uno insegue l'altro, e perciò ambidue si muovono verso la stessa parte.

995. La *velocità assoluta* è quella, che ha il corpo, quando si muove. La *velocità relativa* è quella, colla quale i corpi agiscono vicendevolmente. Onde nel secondo caso la velocità relativa è la stessa che l'assoluta, perchè uno corpo solo si muove; nel primo caso la velocità relativa è la somma delle velocità assolute, perchè nel punto dell'urto di due corpi facendosene uno, operano amendue colle loro velocità assolute, le quali s'elidono; nel terzo caso la velocità relativa è la differenza, che passa tra le assolute; perchè quando un corpo insegue l'altro, nel raggiungerlo che fa, gli agisce contro colla differenza della velocità sua sopra quella del corpo, ch'era inseguito.

996. Daremo prima le leggi de' corpi molli, e poi degli elastici esaminando il loro urto diretto, in tutti e tre i casi. Quando s'urtano due corpi molli le loro prime parti, che perdono il moto sono quelle, colle quali si toccano; l'altre, che stanno più indietro, si muovono colla velocità di prima; quindi è che ritardandosi per l'urto le parti anteriori, e proseguendo colla stessa velocità le posteriori, tutte le parti del corpo molle si muovono con le celerità diverse, e perciò deve il corpo mutar la propria figura, e compianarsi in quel luogo, ove urta l'altro.

PROPOSIZIONE XXXIII.

*Ne' corpi molli la quantità del moto avanti l'urto è uguale a quella dopo l'urto.*

997. **S**iano due corpi A, B, la quantità del moto del primo sia a, del secondo b, se si muovono nella stessa direzione, la quan-

quantità del moto prima dell'urto sarà  $a + b$ , supponiamo, che sia A più veloce, e accresca il moto del corpo B della porzione c; il moto del corpo B dopo l'urto sarà  $b + c$ . Essendo l'azione uguale alla reazione, altrettanto di moto perderà il corpo A, onde il suo moto dopo l'urto sarà  $a - c$ ; e il moto d'amendue dopo l'urto sarà  $a - c + b + c = a + b$ .

998. Se un corpo sta quieto, e l'altro se gli muove contro, per esempio il corpo A col moto a, e comunica il moto al corpo B, altrettanto egli ne perde; onde il moto dopo l'urto d'amendue sarà  $a - c + c = a$ , come avanti l'urto.

999. Si vengano incontro i corpi A, B, essendo le loro direzioni contrarie, il moto avanti l'urto sarà  $a - b$ , comunichi nell'urto il corpo A moto c al corpo B, altrettanto egli ne perderà; onde dopo l'urto il moto d'amendue sarà  $a - c - b + c = a - b$ . Come dovea dimostrare.

#### PROPOSIZIONE XXXIV.

*Data la celerità de' corpi molli avanti l'urto, determinare quella, che avranno dopo l'urto.*

1000. **L**A massa del primo corpo sia M, del secondo m, la velocità del primo V, del secondo v. Quando i corpi s'incontrano unendosi formano un corpo solo, e perciò non possono più muoversi come separati, ma come uniti, onde la loro velocità si distribuirà in amendue le loro masse, e perciò il moto d'amendue nell'urto sarà, quando sono contrari §. 999.  $MV - mv$ . Si divida questo moto per la massa comune  $M + m$ , farà la velocità ad amendue comune  $(MV - mv : M + m)$ .

1001. Questa formula serve per tutti i casi, solamente se il corpo m sta quieto, deve cassarsi  $mv$ , e la velocità comune ad amendue dopo l'urto sarà  $(MV : M + m)$ . Quando i corpi si muovono per la stessa direzione, essendo il loro moto comune  $MV + mv$ , la loro velocità dopo l'urto (sarà  $MV + mv : M + m$ ) Come dovea ritrovarsi.

1002. Onde se  $MV = mv$ , nel caso delle direzioni contrarie farà la loro velocità dopo l'urto niente, e perciò si fermeranno. Se il corpo M sta quieto, e abbia la sua massa infinita rispetto a quella del corpo m, la velocità ad amendue comune dopo l'urto sarà  
( $mv :$

( $mv : M$ ). Perchè  $MV$  svanisce non muovendosi il corpo  $M$ ; svanisce  $m$  nel denominatore, essendo infinitamente piccolo rispetto ad  $M$ , e perciò si può trascurare. Ma ( $mv : M$ ) è un infinitesimo diviso per un infinito, che dà un infinitesimo secondo §. 98., dunque la velocità, che avranno amendue dopo l'urto farà incomparabile con quella di prima, e perciò si riputerà niente. Questo caso l'abbiamo, quando una palla di creta urta in un muro, la cui resistenza essendo insuperabile dalla palla, si può giudicare infinita, osserviamo, che la palla resta senza alcuna velocità, nè il muro si muove. Che se la palla si muova con una velocità considerabile, rispetto alla massa del muro, come quando viene tirata una palla da un cannone, allora ( $mv : M$ ) farà come un infinito diviso per un infinito, e perciò la velocità del muro, e della palla diverranno finite, e il muro resterà abbattuto.

1003. Di quà apparisce, quanto si slontana dal vero Samuel Clarke, che nelle note alla parte 1. c. 15. della Fisica di Roault asserisce, che se un corpo duro urta con velocità non considerabile in una muraglia, rifletterà da essa quantunque non sia elastico. La velocità del corpo duro si misura come quella del molle, come è facile il vedere dalla dimostrazione del §. 1000., e dalla definizione del corpo duro; onde essendo niente la velocità sua dopo l'urto §. 1002., vi s'estinguerà ogni moto. Nè vale il dire con questi, che l'azione del globo non potendo trasfondersi nel muro, deve restarvi; e che il muro non fa altro, che mutare la determinazione del globo; perchè il muro resiste all'azione del globo, e perciò estingue il suo moto, o lo riceve nelle sue parti.

1004. Quando i corpi si muovono verso la stessa parte, la formola della velocità si cangia in ( $2MV : M + m$ ), se  $mv$ , cioè se il moto d' amendue era uguale avanti l'urto; e se inoltre la massa  $M$  del primo sia uguale a quella del secondo, la velocità loro dopo l'urto farà ( $2MV : 2M$ ) =  $V$ . Con questo metodo si possono esaminare tutti gli altri casi.

1005. Determinata la velocità, che hanno amendue dopo l'urto, possiamo facilmente determinare ancora il lor moto. Essendo la velocità di  $m$  dopo urtato ( $MV + mv : M + m$ ) moltiplicando questa per  $m$ , avremo ( $MVm + mmv : M + m$ ) per lo modo di  $m$  dopo l'urto. Se da questo leviamo il moto, che aveva  $m$  avanti l'urto, avremo la quantità di moto comunicata dal corpo maggiore

M al

Mal minore  $m$ , che sarà  $(MVm \mp mmv : M \mp m) - mu = (MVm - Mmv : M \mp m)$  se si faccia l'attuale sottrazione algebrica. Queste due formole possono ancora servire nel caso delle direzioni contrarie, e quando un corpo sta quieto, purchè nel primo caso si muti il segno più in meno, o il meno in più a quei termini dove sta  $v$ , e si cassino gli stessi termini, quando  $m$  sta quieto.

- Tav. 26.  
Fig. 7. 1006. *Esperienza*. La macchina per confermare colle sperienze questa proposizione è la seguente, inventata già dal Mariotte, e perfezionata dallo s'Gravesande, e dal Nolet. Si faccia la macchina, come si vede nella figura abbastanza, colle viti  $e$ ,  $v$  da poterli collocare la base  $BC$  orizzontale in qualunque piano quantunque irregolare. Le due righe  $25, 25$  si muovono dentro una incassatura parallela all'orizzonte, e sono divise in parti uguali ciascuna d'un pollice l'una, rappresentando le corde degli archi minimi, o pure gli stessi archi, perchè sono piccoli descritti da'pendoli  $cE$ ,  $bD$ . In  $a, b, c, d$  vi sono quattro piroli, a' quali s'attaccano i fili de'pendoli, che devono essere uguali, acciocchè le palle s'urtino co' loro centri, e perciò diretto sia l'urto. Alla traversa di legno  $a d$ , che ha un'apertura, s'inferisce il pezzo d'ottone  $A$  da fermarvisi con vite dalla parte di dietro della traversa. Questo pezzo lo abbiamo delineato in grande acciocchè bene si distingua. La riga d'ottone  $V$  corrisponde dalla parte anteriore della traversa, onde esce perpendicolare. In questa s'inferisce il pezzo  $X$  da fermarsi colla vite, e in qualunque punto della riga  $V$ , secondo il bisogno. L'uncino  $f$  corrisponde dalla parte di sotto della riga, e per esso si fa passare il filo  $bD$  del pendolo. Lo stesso si faccia con un'altra consimile riga per lo filo  $cE$ . Serve il pezzo  $X$  per avanzarlo, o tirarlo indietro a proporzione, che il diametro del globo, che s'apprende al filo è maggiore, o minore, dovendo il globo non toccare la tavola  $DE$ . Perciò con questa riga potremo agevolmente fare l'esperienza con globi uguali piccoli, e grandi, e con globi disuguali. In  $F, H v$  è un'apertura, nella quale s'inferiscono come la riga i pezzi  $A, A$ , che hanno le loro parti  $V, V$ , prominenti dalla tavola. Servono queste per determinare i fili de'pendoli, acciocchè siano ad angoli uguali, quando ve n'è il bisogno. Quando si sono collocati i globi, che non tocchino la tavola, si tirino fuori le righe  $25, 25$ , cosicchè le loro estremità corrispondano a'fili. Alzando i globi successivamente a diverse altezze  $1, 2, 3$  ec. Essendo queste le corde degli archi esprimeranno le velocità  $1, 2, 3$  ec. che

che successivamente si vogliono dare a' globi, acciocchè si vengano incontro con date velocità. La stessa macchina si vede esposta più chiaramente secondo il Nolet nell'altra figura. AB è il pendolo per determinare se sta perpendicolare la macchina al piano orizzontale; ACEC sono le righe fatte un poco diversamente dalle già descritte, s'attaccano loro i pendoli CDC, EFE, uno de' quali acciocchè se ne veda la costruzione, l'abbiamo delineato a parte. I chiodetti di legno in questa macchina stanno sopra B, e loro s'attacca l'estremità del pendolo GL, HM sono le righe gradualì, che corrispondono a' fili de' medesimi, e preparate per far l'esperienza; MEE è il pendolo FEE alzato ad una data altezza. L'esperienze fatte sono le seguenti.

Tav. 28.  
Fig. 2.

1007. Per lo primo caso §. 994. Due palle di creta molle della stessa massa, e colla stessa velocità si vennero incontro, e dopo l'urto si quietarono. Una palla di massa 2 con velocità 1 urtò contro un'altra di massa 1, e velocità 2, dopo l'urto si quietarono. Le velocità in questa esperienza erano reciproche alle masse. Due palle si vennero incontro, la prima con massa 1 con velocità 2; la seconda con massa 1 con velocità 1, dopo l'urto andarono verso la stessa parte, cioè quella di più moto trasportò quella di meno moto, amendue con velocità  $\frac{1}{2}$ , il che si dedusse dall'osservare, che salirono un mezzo grado. Se nella formola del primo caso si sostituiscano i loro valori in numeri, si troverà, che la formola dà lo stesso che l'esperienza.

1008. Per lo secondo caso. Una palla di creta molle, che avea massa 1 con velocità 1 andò contro un'altra uguale, e quieta; dopo l'urto si mossero verso la stessa parte con velocità  $\frac{1}{2}$ .

1009. Nel terzo caso una palla di creta molle di massa 1 con velocità 2, urtò una palla di massa 1 velocità 1, che la precedeva, dopo l'urto amendue continuarono il lor moto con velocità  $\frac{1}{2}$ .

1010. Se si moltiplicano le velocità delle palle dopo l'urto per le loro masse, resterà dimostrata colla esperienza la proposizione 33.

1011. Queste esperienze non sono esattamente conformi alla teoria, parte per la resistenza, che ricevono i pendoli nel loro moto dal chiodo, a cui sono attaccati i fili, e parte per la resistenza, che ricevono dall'aria; ciò non ostante è così insensibile il divario, che con somma difficoltà si può scorgere.

1012. Il Newton nell'annotazione alla legge terza del moto dà questo metodo per computare la resistenza, che ricevono i globi,

e con ciò per poter fare le sperienze, come se fossimo posti nel voto. Siano i due pendoli AB, CD, che descrivano i semicerchi ABG, EDH. Detratto il globo D, si lasci cadere il globo B dal punto a; se non ci fosse alcuna resistenza, dopo essere sceso in B, salirebbe per un arco uguale Bb, e tornando a scendere risalirebbe all'altezza a; supponiamo, che per la resistenza dell'aria risalga solamente in d: l'arco ad esprimerà il ritardamento. Si divida questo in quattro parti uguali in m, n, i, ed una di queste parti si collochi in mezzo all'arco ad, come si vede in ce, avremo  $ac : ce :: 1 \frac{1}{4} : 1$ , ovvero come 3 : 2. L'arco ce rappresenterà prossimamente il ritardamento, che soffre il globo scendendo dal punto c fino in B. Si lasci il globo dal punto c, la velocità, che acquista arrivato in B, si esprimerà per la corda e B, onde nell'aria avrà acquistato cadendo dal punto c quella stessa velocità, che nel voto cadendo dal punto e. Quando il globo B è arrivato al punto infimo B, truovi il globo D, e dopo l'urto questo salga in K, e il globo B salga in f. Si torni di nuovo a levare il globo D, e tentandosi trovi il punto u, dal quale lasciatolo ritorni in r; cosicchè ft sia la quarta parte di ru, e posta nel mezzo. Sarà t il suo luogo, al quale dovrebbe essere asceso il globo B, se non ci fosse stata la resistenza dell'aria, onde la corda dell'arco t B esprimerà la velocità del globo B dopo l'urto. Collo stesso metodo si truovi il punto l per determinare la vera velocità del globo D.

Tav. 26.  
Fig. 8.

1013. Quantunque il Newton non dia alcuna dimostrazione di questo metodo, credo però, che in una maniera confimile a quella, che esporrò, ci sia entrato. L'arco ad rappresentando il ritardamento, che ha il globo dall'aria, descrivendo quattro archi uguali al primo aB, per avere il solo ritardamento, che patisce in questo arco, bisognerà prendere la quarta parte di ad; ma li quattro archi dal globo B descritti non sono tutti uguali, perchè in ognun di loro viene ritardato dall'aria; dunque siccome l'ultima ritardazione, che riceve nel salire da B in d deve essere minore della quarta parte dell'arco ad, così il primo ritardamento dal punto a in b deve esser maggiore della quarta parte dell'arco ad, quale appunto è l'arco ac, che è maggiore dell'arco ce.

1014. Per determinare il punto c, come abbiám fatto, secondo la regola del Newton, ovvero l'arco c B, che descrivendo il pendolo patisca il ritardamento uguale alla quarta parte dell'arco ad; si chia-

fi chiami 1 l'arco a B; l'arco a d sia  $4b$ ; l'arco cB si dica  $x$ , essendo i ritardamenti proporzionali agli archi descritti, farà  $x:1::b:\frac{b}{2}$ . Dunque il globo B non salendo in  $b$  per la resistenza, farà l'arco Bb, a cui tale espresso per  $1 - \frac{b}{2}$ , ovvero  $(x - b:x)$ . Si faccia un'altra proporzione, come l'arco cB all'arco minore di Bb, così il ritardamento per cB al ritardamento, che patisce il corpo salendo per Bb, ed avremo  $x:(x - b:x)::b:(bx - b^2:x^2)$ , e questo ultimo termine esprimerà il ritardamento, che riceve il globo salendo per Bb. Il terzo arco bB, che tornando a scendere il globo descrive, farà uguale ad  $(x - b:x) - (bx - b^2:x^2) = (x^3 - 2bx^2 + b^2x:x^3)$ . Per determinare il ritardamento, che patisce il globo B scendendo per questo terzo arco bB si faccia col metodo di prima,  $x:(x^3 - 2bx^2 + b^2x:x^3)::b:(bx^3 - 2b^2x^2 + b^3x:x^4)$ . Il quarto arco Bd, che risalendo descrive farà uguale al terzo bB, meno il suo ritardamento; onde s'esprimerà per  $(x^3 - 2bx^2 + b^2x:x^3) - (bx^3 - 2b^2x^2 + b^3x:x^4) = (x^7 - 3bx^6 + 3b^2x^5 - b^3x^4:x^7)$ . Onde se si faccia la proporzione come s'è fatto prima, cioè  $x:(x^7 - 3bx^6 + 3b^2x^5 - b^3x^4:x^7)::b:(x^7b - 3b^2x^6 + 3b^3x^5 - b^4x^4:x^8)$ , esprimerà quest'ultimo termine il ritardamento, che riceve il globo B nell'ultimo arco Bd.

1015. Tutte le ritardazioni per gli quattro archi sono uguali  $4b$ ; perciò avremo  $\frac{b}{2} + (bx - b^2:x^2) + (bx^3 - 2b^2x^2 + b^3x:x^4) + (x^7b - 3b^2x^6 + 3b^3x^5 - b^4x^4:x^8) = 4b$ . Ridotta questa equazione a più vaga forma avremo  $x^4 - x^3 + \frac{1}{2}bx^2 - b^2x + b^3 = 0$ ; sciolta questa secondo le regole analitiche farà prossimamente  $x = 1 - \frac{1}{2}b$ ; onde l'arco cB farà uguale all'arco aB meno  $b + \frac{1}{2}b$ , cioè meno l'arco a c, come appunto è la costruzione Newtoniana.

1016. *Corpo elastico* essendo quello, che dopo essersi acciaccato, si restituisce alla primiera figura, ne siegue, che quella forza, colla quale i corpi elastici si comprimono, torna di nuovo a risorgere; perchè, come osserveremo parlando dell'elaterio, con quanta forza sono compressi i corpi elastici, con altrettanta si restituiscono. Ma i corpi elastici si comprimono con quella quantità di moto, che il maggiore comunica al minore; dunque farà questa la misura dell'elaterio, e della compressione.

## P R O P O S I Z I O N E XXXV.

*Data la velocità de' corpi elastici avanti l'urto, determinare quella, che avranno dopo l'urto.*

1017. **S**UPponiamo il terzo caso delle direzioni stesse, se i corpi fossero molli, la quantità del moto comunicata dal maggiore  $M$  al minore  $m$  farà  $(MVm - Mmv : M + m)$  dal §. 1005. Con questo moto si comprimono amendue, e si muta la loro figura, onde collo stesso moto si restituiscono, e perciò altrettanto moto il corpo  $M$  comunica ad  $m$ ; dunque la quantità di moto comunicata dal corpo  $M$  al corpo  $m$ , essendo elastici, farà  $(2MVm - 2Mmv : M + m)$ . Ma avanti l'urto il moto di  $m$  era  $mv$ ; dunque dopo l'urto il moto intero di  $m$  farà  $(2MVm - 2Mmv : M + m) + mv = (2MVm - Mmv + m^2 v : M + m)$ . Questa frazione, ch'esprime la quantità del moto nel corpo  $m$ , dividendola per la sua massa  $m$ , darà  $(2MV - Mv + mv : M + m)$ , che esprime la velocità del globo  $m$  dopo l'urto.

1018. Per avere la velocità di  $M$  conviene riflettere, che la quantità di moto, che perde  $M$ , è quella stessa, che ha comunicato ad  $m$ , il suo moto avanti l'urto era  $MV$ ; dunque dopo l'urto farà  $MV - (2MVm - 2Mmv : M + m)$ , e fatta l'attuale sottrazione  $(MMV + 2Mmv - MVm : M + m)$ , questa frazione divisa per  $M$  darà  $(MV + 2mv - Vm : M + m)$  che è la velocità di  $M$  dopo l'urto. Come dovea ritrovarsi. Queste quattro formole, due del moto, e due delle velocità si possono applicare al primo, e secondo caso §. 994. mutando il segno a' termini dove sta  $u$  nel primo, e cassandoli nel secondo.

1019. Nel determinare la velocità de' corpi elastici, bene spesso incontriamo la velocità negativa, cioè espressa per  $-V$ ,  $-v$ . In questo caso indica l'analisi, che quel corpo, la cui velocità dopo l'urto è negativa, ribalza indietro. E per dimostrarla sia il globo  $m$ , che debba muoversi per  $qb$ , e consumare grado  $r$  di velocità, se realmente va in  $b$ , la sua velocità, e il suo spazio descritto è  $r$ ; se sta quieto in  $q$ , la sua velocità, e lo spazio è zero; ma se in vece di fare una di queste due cose, retrocede per altrettanto spazio  $qa = qb$ , e perciò consuma in parte contraria grado  $r$  di velocità, allora il suo spazio descritto, e la velocità

Tav. 26.  
Fig. 9.

tà consumata, rispetto al fine, che s'ha prefisso d'andare in b, non sarà più 1, ma  $-1$ , perchè per potersi di nuovo dire, che non s'è mosso, bisogna, che distrugga lo spazio, aq. da lui fatto in parte contraria del punto b, e di più si trova di deterior condizione, che se fosse stato in q, o avesse avuto velocità zero. Un esempio di questo l'abbiamo quando un corpo di massa 2, velocità 1 urta in un corpo di massa 1, velocità 2; dopo l'urto la velocità del primo M sarà §. 1018. espressa per  $-1$ , quella del globo m §. 1017. per 2; ciò indica che amendue i globi dopo l'urto ribalzeranno. Riflette il primo, perchè la sua velocità, che prima era positiva, dopo l'urto diventa negativa; riflette ancora il secondo, perchè la sua velocità, che prima dell'urto era negativa, perchè si tratta del terzo caso, dopo l'urto s'è mutata in positiva. Dal che ricaviamo un teorema, che se due corpi elastici, ne quali le velocità sono reciproche alle masse, si vengono incontro, rifletteranno colle stesse velocità. Collo stesso metodo applicando le due formole delle velocità a' casi particolari possiamo ricavarne infiniti teoremi. Tutto ciò inoltre può confermarfi colle sperienze per mezzo della macchina già descritta §. 1006. le palle per provare queste regole devono essere d'avorio, che è il corpo, il quale s'accosta più agli elastici di tutti gli altri.

1020. Se il corpo m sta quieto avanti l'urto, la sua velocità dopo l'urto sarà  $(2MV : M + m)$ . Ma questa frazione è minore di  $2V$ , dunque la velocità acquistata da un corpo elastico nell'urto è sempre minore della doppia velocità di quello, che urta. Ma questa frazione si fa sempre minore, quanto più grande è la lettera m, e si fa maggiore, quanto più piccola è la lettera m, perchè sta nel denominatore della frazione §. 95.; dunque si ricava inoltre, che quanto è più piccola la massa del corpo urtato m, tanto più la velocità, che riceve s'accosterà a,  $2V$ ; onde essendo m infinitamente piccolo, la velocità che acquista sarà precisamente uguale,  $2V$ , perchè m diventa zero. (Onde  $2MV : M + m = 2MV : M = 2V$ . Dal che apparisce ancora, perchè  $(2MV : M + m)$  è minore di  $2V$ ; essendo  $(2MV : M) = 2V$ , se al denominatore M aggiungasi il numero m, farà  $(2MV : M + m) < 2V$  §. 95.

1021. Dal problema inoltre siegue, che se il globo M finito colla velocità V finita urta nel globo m infinito, e quieto, la sua velocità dopo l'urto diverrà  $-V$ , cioè ribalzerà dal globo m colla velocità

di

di prima. Perchè la velocità di  $M$  per la formola del §. 1018. è  $(MV \mp 2mv - mV : M \mp m)$ , ma in questo caso  $2mv$  è zero, perchè  $m$  non si muove,  $MV$  è infinitesima, e perciò zero rispetto ad  $m$ , che è infinita; dunque la formola si muta in  $(-mV : m) = -V$ . Questo caso l'abbiamo, quando un globo elastico urta in un muro; s'osserva di fatto, che ribalza colla stessa velocità, con cui urta. Onde si può ricavare, che il solo elaterio è la causa della riflessione de' corpi.

1022. Dalle formole inoltre deduciamo, che, se nel secondo caso §. 994. il globo  $m$  con qualunque velocità  $V$  vada contro ad un altro globo uguale ad  $m$ , il quale non sia infinito, il globo  $m$  si ferma, e il globo urtato  $m$  si muove colla velocità di  $m$ . Perchè la velocità di globo urtato  $m$ , essendo dopo l'urto §. 1017.  $(2MV - Mv \mp mV : M \mp m)$ , e per ipotesi  $M = m$ , inoltre  $v$ , che è la velocità del corpo urtato, essendo avanti l'urto zero, la formola degenera in  $(2mV : 2m) = V$ . Onde se un globo elastico urta in un altro uguale, equieto, gli trasfonde tutta la velocità, ed egli si ferma; se il secondo urta nel terzo la comunicherà a questo; e così il terzo al quarto, il quarto al quinto ec. Dunque se vi siano quatto, o più palle quiete, e uguali, poste nella stessa linea, e contro queste urti un uguale, tutte staranno quiete eccettuata la più lontana dal corpo, che urta, cioè l'ultima, che si moverà colla velocità della palla, che urta. Quindi ancora se vi siano più palle uguali, e quiete nella stessa linea, e contro loro urtino due uguali, le due ultime solamente si moveranno, se urtano tre, le tre ultime ec. Ciò che la teoria de' corpi elastici dimostra, si può confermare colla sperienza nel trucco da tavola, per mezzo delle palle d'avorio, e non senza ammirazione.

1023. Diversamente andrebbe la cosa se le palle non avessero massa uguale; lungo sarebbe esaminare tutti i casi delle palle disuguali, noi esporremo solamente intorno a ciò alcune verità generali, che possono essere d'uso nella scienza naturale. A questo fine premettiamo un:

L E M M A.

*Se vi siano tre quantità I, c, b, e I sia minore di c, inoltre c minore di b, saranno la massima b, e la minima I maggiori della media c, più la massima divisa per la media.*

1024. **D**Evo dimostrare in questa ipotesi, che  $b \div I > c \div \frac{b}{c}$ . Imperocchè dalla 25 del lib. 5. d'Euclide, se vi sono quattro quantità proporzionali  $c : b :: I : x$ , delle quali b è la massima, I la minima di tutte, sarà la massima, e la minima maggiore dell'altre due, onde  $b \div I > c \div x$ . Ma  $x = \frac{b}{c}$ ; dunque  $b \div I > c \div \frac{b}{c}$ . Come dovea dimostrare.

P R O P O S I Z I O N E XXXVI.

*Se vi siano tre globi M, m, n, de' quali M sia il massimo, n il minimo, e il moto cominci dall'uno de' due, e vada all'ultimo, questo riceverà più moto per esservi m di mezzo, che se il primo, e l'ultimo immediatamente si comunicassero il moto.*

1025. **L**A velocità del corpo, che urta, che supponiamo M sia V: mentre M urta in m, la quantità del moto, che gli dà, sarà  $(2MVm : M \div m)$ ; con questo moto, che diremo q, il globo m urta n, onde la quantità del moto comunicata ad n sarà per la stessa ragione  $\frac{mq}{m}$ , e sostituendo il valore di q, il moto di n sarà  $(4MVmn : M \div m \times m \div n)$ . Se il corpo M avesse immediatamente comunicato ad n il moto, sarebbe questo  $(2MVn : M \div n)$ . Essendo n il minimo, M si potrà esprimere per bn; m per cn, le lettere b, c potendo significare qualunque numero. Essendo M il massimo sarà  $b > c$ ,  $c > I$ , altrimenti cn sarebbe uguale, o minore di n contro l'ipotesi. Surrogati i valori di M, m nelle due ultime frazioni, sarà  $(4MVmn : M \div m \times m \div n) = (4bnVcn : bn \div cn \times cn \div n)$ , e ancora  $(2MVn : M \div n) = (2bnVn : bn \div n)$ . Dobbiamo dimostrare, che  $(4bnVcn : bn \div cn \times cn \div n) > (2bnVn : bn \div n)$ . Dividendo la prima frazione per nn, la seconda per n, avremo  $(4bnVc : b \div c \times c \div I) > (2bnV : b \div I)$ ; e dividendo tutto per 2bnV, resterà  $(2c : b \div c \times c \div I) > \frac{I}{I}$ , e moltiplicando tutto per gli denominatori, sarà ancora  $2bc \div I > bc \div b \div c^2 \div c$ , e cas-

fan-

fando  $bc \div c$ , farà  $bc \div c > c^2 \div b$ , e dividendo per  $c$  avremo  $b \div 1 > c \div \frac{b}{c}$ , ma  $1$  è minore di  $c$ ,  $c$  è minore di  $b$ ; dunque dal lemma farà  $b \div 1 > c \div \frac{b}{c}$ ; e perciò la quantità di moto comunicata da  $M$  al corpo  $n$  è maggiore, quando si fa coll' intervento d' un altro, che semplicemente. Come dovea dimostrare.

## P R O P O S I Z I O N E XXXVII.

*Dati due corpi  $M, n$ , trovare quello da interporfi, acciocchè  $n$  acquisti la massima velocità, che può acquistare.*

1026. **I**L corpo da interporfi si dica  $m$ . La velocità comunicata dal corpo  $M$  a quello di mezzo  $m$  farà  $(2MV : M \div m)$ , questa si chiami  $q$ . Collo stesso metodo la velocità comunicata da  $m$ , ad  $n$  farà  $\frac{2mq}{n \div m}$ , e in vece di  $q$  sostituendo il suo valore avremo  $(4MmV : Mm \div Mn \div mm \div mn)$  che farà la velocità comunicata da  $M$  al corpo  $n$  per mezzo del corpo  $m$ . Dovendo esser questa la massima per ipotesi, farà la differenza di questa frazione uguale al zero. Perchè un massimo non può accrescersi, nè diminuirsi. Dunque trovando questa differenza §. 374. avremo  $(4M^2 Vmdm \div 4MVm^2 dm \div 4MVnmdm \div 4M^2 Vndm - 4M^2 Vmdm - 8MVm^2 dm - 4MVnmdm : \overline{Mm \div Mn \div m^2 \div mn^2}) = 0$  Le quantità  $M, V, n$  come costanti non hanno alcuna differenza §. 374. Moltiplicando amendue i membri di questa equazione per lo denominatore, ovvero cassandolo, perchè l' altro membro dell' equazione è zero, e riducendo i termini simili, avremo  $4M^2 Vndm - 4MVm^2 dm = 0$ , e trasportando farà  $4M^2 Vndm = 4MVm^2 dm$ ; e dividendo tutto per  $4MVdm$  farà  $Mn = m^2$ , onde  $M : m :: m : n$ ; e perciò il corpo  $m$  da interporfi dovrà essere mezzo proporzionale tra li due dati  $M, n$ . Come dovea ritrovare.

1027. Quindi se molti corpi siano in una serie geometrica decrescente, l' ultimo acquisterà la velocità massima, che può acquistarsi coll' intervento di più altri corpi. Ugenio nel Trattato della Percossa, e Giovanni Bernulli nel discorso del moto dimostrano, che se siano 100 globi elastici, che crescano in ragione dupla, e tutti in una linea, se il moto comincia dal massimo, e termina al minimo, la celerità del primo sarà a quella dell' ultimo, come  $1 : 2338500000000$ . Se il moto comincerà dal minimo, e terminerà nel massimo, la quantità di moto del primo sarà a quella del massimo, come  $1 :$

me 1: 467700000000. Questa conseguenza è di sommo utile nella Fisica, per poter ispiegare i fenomeni delle fermentazioni, nelle quali s'osserva, che alle volte mischiando due fluidi nasce improvvisamente un moto considerabilissimo.

1028. Nell'urto de'corpi elastici si conserva sempre la stessa velocità relativa. Imperocchè se i corpi si muovono verso la stessa parte la velocità relativa §. 995. s'esprime per  $V - v$ . Dopo l'urto la velocità di  $m$  sarà  $(2MV - Mv \mp mv : M \mp m)$ , la celerità di  $M$  sarà §. 1018.  $(MV - mV \mp 2mv : M \mp m)$ . Sottraendo questa da quella avremo la velocità relativa, e sarà  $(MV \mp mV - Mv - mv : M \mp m)$ , e attualmente dividendo, la velocità relativa dopo l'urto sarà  $V - v$ , come avanti l'urto. Lo stesso si troverà negli altri due casi, i quali trascurio per esercizio dei principianti.

1029. Siano due corpi  $M, m$ , che si muovano verso la stessa parte, e debba determinarsi la velocità, che ha il loro centro di gravità, il quale supponiamo essere  $C$ . Il corpo  $M$  vada in  $B$ , mentre  $m$  va in  $b$ ; il centro di gravità camminerà verso  $D$ . Sia  $MC = A$ ,  $mC = a$ ;  $MB = V$ ;  $mb = v$ ;  $CD = x$ ; sarà  $BD = A - V \mp x$ ; e ancora  $bD = a - x \mp v$ . Essendo  $C$  il centro di gravità, avremo  $M \times BD = m \times bD$ ; ovvero  $MA - MV \mp Mx = ma - mx \mp mv$ . Essendo  $MA = ma$ , perchè per la natura del centro di gravità abbiamo  $M \times MC = m \times mC$ ; dunque  $-MV \mp Mx = -mx \mp mv$ ; ovvero  $Mx \mp mx = MV \mp mv$ . Onde  $x = (MV \mp mv : M \mp m)$ . Se i globi si vengono incontro, la formola sarà  $(MV - mv : M \mp m)$ ; se il globo  $m$  sta quieto, allora sarà  $(MV : M \mp m)$ . Da questo ricaviamo la presente regola. Per determinare la velocità del centro di gravità si moltiplichino le masse per le velocità di ciascheduno, la somma de' prodotti, quando le direzioni sono le stesse; o la loro differenza; quando sono contrarie divisa per la somma delle masse, dà la velocità del centro di gravità. Cartesio nella Parte 2. de' Principj dà sette regole per determinare l'urto de' corpi, le quali per mezzo della Prop. 34. 35. si possono esaminare. I. Se due corpi uguali con uguali velocità s'incontrano, si riflettono colla stessa velocità, questa è vera ne' perfettamente elastici, falsa ne' molli, e ancora negli imperfettamente elastici, come dimostra Marcolino nelle memorie del 1726. II. Se corpi disuguali con uguale velocità si incontrano, il più piccolo torna indietro colla stessa, e amendue si muovono verso la stessa parte: questa è falsa ne' molli, e negli elastici. III. Se due corpi uguali con disuguale ve-

Tav. 26.  
Fig. 10.

locità s' incontrano, il più lento torna indietro, e ambidue si muovono verso la stessa parte; questa è vera solamente ne' molli. IV. Un corpo piccolo con qualunque velocità urti in un altro, tornerà indietro colla stessa: questa è falsa in amendue. V. Se un corpo più grande urta in uno più piccolo, e quieto con quattro gradi di velocità gliene comunica uno, e tre ne ritiene: questa è vera solamente ne' molli. VI. Se un corpo urta in un altro uguale, e quieto con quattro gradi di velocità, uno gliene comunica, e tre ne ritiene: questa è falsa in amendue. VII. Se un corpo minore, ma più veloce raggiunge un maggiore, quando la differenza delle velocità supera quelle delle masse, amendue dopo l'urto si muovono colla stessa velocità: questa è vera solamente ne' molli. Se la differenza delle masse è maggiore si riflette il primo colla stessa velocità: questa è falsa in amendue.

PROPOSIZIONE XXXVIII.

*Determinare la velocità, e direzione nell'urto obbliquo de' corpi molli, ed elastici.*

1030. **P**ER determinare la velocità, e direzione cercata la fig. 11. serve per gli corpi molli, la fig. 12. per gli elastici. Sia dunque nell' una, e l'altra figura il corpo M, che obliquamente per la direzione, e velocità MA incontri il corpo m, che si muove colla direzione, e velocità ma; si risolvano le due velocità nelle due componenti MB, MC; mb, mc; ovvero AB, AC; ab, ac. Il corpo M arrivato in A, e il corpo m in a non s'urtano, che colle velocità dirette AB, ab; perchè colle laterali AC, ac essendo parallele non possono agire l'uno con l'altro. Fatta dunque  $AE = AC$ ,  $ae = ac$ , resteranno queste intiere dopo l'urto. Colle proposizioni 34, 35 si determinino le velocità dirette, che avranno dopo l'urto, e siano AD nel globo M; ad nel globo m, o verso la stessa direzione se sono molli, o in contrarie, se sono elastici. Compiuti i parallelogrammi AEPD, aeqd i corpi M, m dopo l'urto si moveranno colle velocità, e direzioni Ap, Aq. Come dovera determinare.

Tav. 26,  
Fig. 11.)  
12.

## C A P O XXI.

*Forze Centrali.*

1031. **Q**Uando un corpo si muove per una linea curva deve necessariamente esser spinto almeno da due forze. Perchè ogni curva, essendo un aggregato d' infinite linee rette, che formano angoli tra loro infinitamente ottusi, ne siegue, che un corpo descrivendo una curva ogni momento deve scottarsi dalla linea retta, e mutare la prima direzione. Ma i corpi di natura propria perseverano nel proprio stato di moto, e di quiete ec. per la legge prima del moto; dunque il corpo mosso per una curva deve essere spinto almeno da due forze, una delle quali sia per qualche linea retta, e l'altra lo ritragga continuamente dalla medesima. Sia il corpo A, che si muova per la curva AmND, e sia Am il differenziale della curva, per descriver questo il corpo dovrà esser spinto da due forze, una delle quali sia per Ab, l'altra per Aa diretta costantemente a qualche punto per cagion d'esempio al punto C; altrimenti arrivato in m seguiterebbe per la tangente, che si tira al punto m, nè proseguirebbe il moto per la curva mN. La forza di direzione si chiama *centrifuga*, perchè lo slontana dal centro C, o punto, intorno a cui gira la forza, che lo ritrae dalle tangenti Ab ec. o differenze della curva come Aa, si dice *centripeta*, e amendue insieme si chiamano *forze centrali*. Così ancora osserviamo, che un sasso girato dalla mano con una corda, come accade nella fionda, ha uno sforzo di slontanarsi dalla mano, e perciò tiene tesa la corda, dalla quale vien trattenuto; ma se si lascia un capo della corda, fugge allora il sasso per la tangente del cerchio, che prima descriveva. La curva, che descrive il corpo intorno ad un altro corpo si chiama *orbita*, o *trajettoria*, il tempo, che impiega a descriverla, si dice *tempo periodico*. Posto l'arco Am infinitesimo, se la forza centripeta AC cessasse, il corpo descriverebbe una porzione della tangente Ab, e perciò si slontanerebbe dal centro C per la linea bm; la quale essendo uguale alla Aa, che esprime la forza centripeta, amendue potranno esprimersi per la stessa linea. Se si tirino le linee Cu, Dn, essendo tutte infinitesime, possono riputarfi, come uguali, perciò le forze centrali possono esprimersi per le tre linee mu, mn, mb. Il primo, che parlò delle forze centrali, fu l'Ugenio nel suo libro dell' Orologio oscillatorio. Ridusse poi questa dottrina alla

Tav. 30.  
Fig. 1.

sua universalità il Newton nella sezione 2, e seguenti del libro 1 de' suoi principj. Giovanni Keil nella sua Introduzione *ad veram Physicam, & Astronomiam*; Abraamo Le Moivre, e Pietro Varignon in più luoghi delle memorie dell' Accademia Reale, come ancora Giovanni Bernulli, l' Ospital, David Gregori nel libro primo dell' Astronomia Fisica, e Geometria dalla sezione 4. alla 7.

1032. A due problemi si può ridurre il trattato delle forze centrali. Nel primo data la legge, colla quale la forza centrale spinge il corpo, si deve determinare la curva, che il corpo descrive. Nel secondo per lo contrario data la curva, che descrive un corpo, s' insegna a determinare la legge della forza centrale per descriverla. Per isciogliere il primo problema è necessario supporre il modo di quadrare le curve, onde generalmente concepito è d' una natura trascendente, nè diventa algebrico, se non che ne' casi particolari, di questo ne diede la soluzione ne' suoi principj il Newton, che fu poi seguito da Giovanni Bernoulli.

1033. Noi insisteremo nella soluzione del secondo problema, come più facile. Per questo sogliono premettersi alcuni teoremi, indi alcune formole generali, colle quali si esprime la forza centripeta, in quantità finite, o infinitesime, le quali applicate poi alle curve particolari, fanno determinare per ciascheduna la legge, che deve seguire la forza centripeta.

### P R O P O S I Z I O N E XXXIX.

*Se un corpo descrive intorno ad un altro una curva con una forza, che ad esso tende, farà le aree proporzionali a' tempi.*

1034. **S**iano BC, CD, DE i minimi elementi d' una curva, e il corpo B sia spinto da una forza centripeta, che tenda al punto A, tirate le linee BA, CA, DA &c. i triangoli BAG, CAD &c. si chiamano *aree*. Dopo che il corpo ha descritto BC, se non avesse la forza centripeta, seguirebbe a muoversi per Cb = BG nel tempo stesso. Ma dopo il primo momento infinitesimo, la forza centripeta CA lo ritrae dalla prima direzione BCb, per la quantità per esempio Ca, dunque compiuto il parallelogrammo CaDb, si muoverà il corpo per la diagonale CD nel tempo stesso, che descriverebbe i lati. Collo stesso metodo si troverà, che il corpo deve descrivere le altre diagonali DE, EF de' parallelogrammi DcEd, Ee Ff, cioè gli elementi della curva. Tirate le linee BA, DA, i triangoli BAC, CAB

Tav. 30.  
Fig. 2.

CAb sono uguali, perchè hanno lo stesso vertice A, e perciò la stessa altezza, e le basi BC, Cb uguali. Ma ancora i triangoli CAb, CAD sono uguali, perchè hanno la stessa base CA, e sono tra le stesse parallele CA, Db a motivo del parallelogrammo CaDb; dunque il triangolo CAB sarà uguale al triangolo DAC; e ciò dimostrandosi di tuttigli altri triangoli DAE, EAF, ec. in tempi uguali descritti, perchè sempre la forza centripeta tende al punto A; ne viene in conseguenza, che le aree descritte dal corpo B intorno al punto A ne' tempi uguali saranno uguali, e ne' disuguali saranno loro proporzionali; perchè abbiamo supposto, che BC, BD, ec. siano i minimi elementi di una curva. Come dovea dimostrare.

1035. Questo teorema che lo dobbiamo al celebre Giovanni Keplero, detto perciò legge Kepleriana, si verifica ancora, quando i corpi B, A amendue si movessero con un moto uniforme intorno ad un altro, come accade nel sistema Copernicano rispetto alla Luna, ed alla Terra, che di concerto si muovono intorno al Sole.

1036. Da questo teorema impariamo a misurare la velocità d'un corpo, che colla sua forza centripeta tenda al punto s, quantunque questo non sia nel centro dell'orbita, che descrive. Si prendano due archi descritti dal corpo a in un tempo minimo, per esempio ab, ci, che perciò potranno ancora rappresentare le velocità, perchè il moto si reputa equabile. Tirate le linee a s, bs, ec., e le tangenti, ap, co, e le loro perpendicolari sp, so. Per lo teorema il triangolo asb = csi; ma i triangoli si determinano moltiplicando le basi a b, ci per le altezze sp, so, e dividendo il prodotto per metà; dunque sarà ancora  $ps \times ab = so \times ci$ ; e perciò  $a b : c i :: s o : s p$ . Dunque esprimendo gli archi a b, ci le velocità, avremo questo teorema. Le velocità di un corpo in diversi punti d'una curva sono reciprocamente, come i perpendicoli calati sopra le tangenti tirate a quei punti. Essendo i diametri fd, tu perpendicolari alla curva, ne verrà in conseguenza, che la velocità del corpo, che gira intorno al punto s, sarà massima nel punto della minima distanza f, minima nel punto della massima distanza d, media ne' punti intermedj t, u.

Tav. 30.  
Fig. 3.

PROPOSIZIONE XL.

*Se un corpo descrive intorno ad un altro le aree proporzionali a tempi, è mosso da una forza centripeta, che tende a questo.*

1037. Imperocchè essendo i due triangoli CAB, CAD uguali per ipotesi, e inoltre CAB uguale a CAb, come dimostram-

Tav. 30.  
Fig. 2.

mo di sopra, farà ancora  $CAD = bAC$ ; onde per la base comune  $CA$ , faranno tra due parallele  $CA$ ,  $Db$ , e perciò avremo la stessa costruzione di sopra, onde la forza cetripeta ancora nel punto  $D$  farà diretta verso  $A$ . Come dovea dimostrare.

1038. Questo teorema, che è l'inverso di quello di sopra, serve per determinare il centro, intorno al quale girano i corpi celesti. Osserveremo nell'Astronomia, che se si concepiscano tirate le linee da' Pianeti alla terra, le aree da quelli descritte non sono proporzionali a' tempi, perchè i Pianeti rispetto a noi ora apparisce, che stiano fermi, ora che tornino indietro, e perciò in vigore di questo teorema non riguardano la terra, come il loro centro.

### PROPOSIZIONE XLI.

*Qualunque forza sul principio del moto è direttamente, come lo spazio descritto, e inversamente, come il quadrato del tempo.*

1039. Ciò abbiamo già dimostrato nel §. 472.

1040. **C** Da questa proposizione ne siegue un altro teorema, che è il seguente. Se i quadrati de' tempi periodici di due corpi, che girano intorno allo stesso, o intorno a due altri sono tra di loro, come i cubi delle distanze, ovvero esprimendolo secondo il costume di Newton, se i tempi sono in ragione sesquialtera delle distanze, le loro forze centripete faranno tra di loro inversamente, come i quadrati delle distanze. Imperocchè se la forza del primo si chiama  $V$ , lo spazio descritto dalla forza centripeta, o la distanza dal centro a cui tende sia  $D$ , così ancora il tempo periodico  $T$ ; e nello stesso modo sia la forza dell'altro corpo  $v$ , la distanza  $d$ , il tempo  $t$ , per la proposizione 41 farà  $V : v :: (D : T^2) : (d : t^2)$ . Ma  $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$ ; Dunque  $V : v :: (D : D^3) : (d : d^3)$ ; e perciò  $V : v :: (1 : D^2) : (1 : d^2)$ . Come dovea dimostrarsi.

1041. Questo corollario di sommo uso nell'Astronomia ha luogo ne' corpi celesti, i tempi periodici de' quali sono in sesquialtera ragione delle distanze dal Sole; dal che si deduce, che tendono a questo pianeta con una forza reciprocamente proporzionale alli quadrati delle loro distanze.

PROPOSIZIONE XLII.

*Ritrovare le formole generali, colle quali si esprimono le forze centrali.*

1042. **S**ia il cerchio AN, e il suo arco infinitesimo Am; sarà Tav. 30.  
Fig. 4. Aa la misura della forza centripeta §. 1031.; essendo Am una linea retta, e il raggio AC essendole perpendicolare, sarà ADm un triangolo rettangolo. Onde dal corollario 2. prop. 8. del lib. 6. d' Euclide sarà DA: Am :: Am: Aa; e perciò  $Aa = (\overline{Am}^2 \cdot DA)$ , quindi la forza centripeta nel circolo è come il quadrato dell'arce infinitamente piccolo diviso per lo diametro. Da questa formola facilmente si deduceno tutti i teoremi, che riguardano il moto de' corpi, i quali si muovono nelle periferie circolari.

1043. Sia apq qualunque curva, ed una porzione infinitesima di essa pq; il punto s sia il centro, a cui tende il corpo, tirata Tav. 30.  
Fig. 4. ps si chiama questa il raggio vettore. Si tiri la tangente pz, e la qr parallela alla ps, di più qx parallela alla pr. Inoltre qt perpendicolare al raggio ps, ed sy perpendicolare alla tangente pz, ph perpendicolare alla stessa sia il diametro del cerchio, che tocca la curva, e ha con questa comune la parte pq; sia pu la corda del circolo del contatto.

1044. qr è lo spazio descritto dalla forza centripeta, che ritrae dalla tangente il corpo p. L'area psq esprime il tempo dalla proposizione 39. ovvero essendo qt, perpendicolare alla ps, l'area si esprimerà con la seguente frazione  $(ps \times qt : 2)$  ovvero con  $ps \times qt$ . Dunque per la prop. 41., la forza centripeta nell'arco pq, sarà  $(qr : \overline{ps}^2 \times \overline{qt}^2)$  direttamente, e perciò inversamente come  $(\overline{ps}^2 \times \overline{qt}^2 : qr)$ . Questa è la prima formola generale adoperata dal Newton.

1045. Essendo sy perpendicolare alla py, e le due linee pq, pr quasi coincidendo, perchè pq è infinitesima, il tempo per questo arco si esprimerà ancora con pq in sy; e perciò la forza centripeta sarà ancora direttamente, come  $(qr : pq^2 \times \overline{sy}^2)$ , o reciprocamente, come  $(\overline{pq}^2 \times \overline{sy}^2 : qr)$ . questa è la seconda formola del Newton.

1046. Quantunque in queste due formole entrino le quantità infinitamente piccole, ciò non ostante il loro valore è finito; perchè sono infinitamente piccole divise una per l'altra.

1047. Si prolunghi qx sinochè tagli il diametro ph nel punto m. Essen-

Essendo pu corda del circolo, che tocca la curva, farà l'angolo puh retto, e perciò uguale  $hpr = xmp$ , essendo qm parallela pr. Dunque il triangolo pmx è simile al triangolo puh, e perciò farà  $pm : px :: pu : ph$ , onde  $pm \times ph = pu \times px = pu \times qr$ . Inoltre pq è lo stesso, che la corda dell'arco pq, dunque per lo cor. 2. prop. 8. dellib. 6. d'Euclide, pq farà mezza proporzionale tra'l diametro ph, e la pm; onde  $pq^2 = ph \times pm = pu \times qr$ . Ma dal §. 1045. la forza centripeta è come  $(qr : pq^2 \times sy^2)$ ; dunque farà ancora come  $\frac{qr}{pu \times qr \times sy^2} = \frac{1}{pu \times sy^2}$ , e perciò la forza centripeta farà reciprocamente, come il solido fatto sulla corda del circolo, e sul quadrato del perpendicolo calato dal centro sulla tangente.

1048. La velocità per l'arco pq essendo come  $\frac{1}{sy}$ ; farà ancora il quadrato della velocità, come  $(1 : sy^2)$ . Ma la forza centripeta era come  $\frac{1}{pu} \times (1 : sy^2)$ , per la terza formola §. 1047. dunque la forza centripeta farà, come la corda pu inversamente, e il quadrato della velocità direttamente. Le tre formole de' paragrafi precedenti, che sono applicabili a qualunque curva, le dà il Newton nella sezione 2. prop. 6. de' principj.

1049. Dalla terza formola §. 1047. ne siegue un'altra, che comunicò Giovanni Bernoulli ad Abramo de Moivre. Le rette ph, sy sono parallele, perchè per pendicolari alla pz, onde l'angolo alterno  $uph = psy$ , e perciò il triangolo puh  $\sim$  syp; dal che ne siegue, che  $pu : ph :: sy : ps$ ; per lochè  $pu = \frac{ph \times sy}{ps}$ . Ma la forza centripeta §. 1047. era come  $(1 : pu \times sy^2)$ ; dunque in vece di pu sostituendo il suo valore farà la stessa forza come  $(ps : ph \times sy^3)$ . Onde la forza centripeta in qualunque punto d'ogni curva farà, come la distanza del corpo centrale direttamente, e inversamente come il diametro del circolo, che tocca la curva multiplicato nel cubo del perpendicolo calato sopra la tangente di quel punto.

### PROPOSIZIONE XLIII.

*Trovare la legge della forza centripeta quando tende al centro del circolo.*

1050. **E**ssendo in questa ipotesi la curva data un circolo, e il punto s essendo il centro del circolo, farà per la natura di questo il raggio sp perpendicolare alla tangente pz, e perciò sy dovrà essere obliqua. Dal che ne siegue, che qt, qx, e ancora ph, pu in questo caso coincidono insieme. Di più essendo ps della

Tav. 30.  
Fig. 5.

figu-

figura 4, in questo caso raggio del cerchio, sarà costante. Onde la formola prima §. 1045., ( $q : ps^2 \propto qt^2$ ) si muterà nel circolo in quest' altra ( $qr : qt^2$ ). Ma  $qr = tp$  per la costruzione, e di più  $qp$  essendo infinitamente piccola, è parte comune del circolo, e della tangente  $pr$ , e perciò  $pr$ , ovvero  $qt = pq$ ; dunque la forza centripeta nel circolo sarà ancora come  $(tp : pq^2)$ , ovvero reciprocamente come  $(pq^2 : tp)$ . Ma dal §. 1043. il diametro  $hp = (pq^2 : tp)$ ; dunque la forza centripeta, che tende al centro del circolo sarà reciprocamente come il diametro  $hp$  del circolo, che il corpo descrive. Come dovea ritrovarsi.

1051. Lo stesso si deduce applicando al cerchio le altre tre formole date, collo stesso metodo, che ora abbiamo adoperato. Ma il diametro del cerchio è sempre lo stesso, o costante; dunque acciocchè un corpo descriva un cerchio, deve la forza centripeta, da cui è mosso, esser sempre la stessa in tutti i punti della sua periferia.

PROPOSIZIONE XLIV.

*Trovare la legge della forza centripeta nel cerchio, quando tende ad un punto diverso dal centro.*

1052. **I**L corpo  $p$  descriva il cerchio  $pqu$ , e la sua forza centripeta tenda al punto  $s$  diverso dal centro  $c$ . Si prolunghi  $ps$  in  $u$ , e da questo punto si tiri il diametro  $uca$ , indi il raggio  $cp$ , la corda  $pa$ , la tangente  $py$ , e a questa la perpendicolare  $sy$ , per fare la stessa costruzione delle figure precedenti. Essendo  $pq$  l'arco infinitesimo, si tiri il raggio vettore  $qs$ , e di più  $qr$  parallela,  $qt$  perpendicolare all'altro raggio vettore  $ps$ . Dal libro 3. della Geometria l'angolo  $ypc = apu$ , e tolto il comune  $cpu$ , sarà l'angolo  $spy = apc = pac$ . Onde il triangolo  $syp \propto upa$ , dal che se ne ricava  $au : pu :: ps : sy = (pu \propto ps : au)$ ; e innalzando a quadrato, e moltiplicando tutto in  $pu$ , avremo  $sy^2 \propto pu = (sp^2 \propto pu^3 : au^2)$ . Ma §. 1047. la forza centripeta espressa generalmente è reciprocamente, come  $sy^2 \propto pu$ ; dunque sarà ancora reciprocamente come la sua uguale  $(sp^2 \propto pu^3 : au^2)$  ovvero direttamente come  $(au^2 : sp^2 \propto pu^3)$ . Ma la linea  $au$  essendo diametro del cerchio è costante in tutti i punti del cerchio; dunque cassato  $au^2$ , la forza centripeta, che tende a qualunque punto dentro il cerchio, sarà direttamente come  $(1 : sp^2 \propto pu^3)$ , e perciò reciprocamente come il quadrato della

Tav. 30.  
Fig. 6.

distanza dal punto dato, moltiplicato nel cubo della corda allo stesso punto. Come dovea ritrovarsi.

1053. Perciò se il punto  $s$ , cui tende la forza centripeta è in  $u$ , cioè nella periferia stessa, essendo in tal caso  $ps = pu$ , sarà la forza centripeta come  $(1 : sp^5)$ , ovvero reciprocamente in ragione quintuplicata del raggio vettore.

Tav. 30.  
Fig. 7.

1054. Quindi la forza centripeta, colla quale  $p$  tende al punto  $s$ , sarà alla forza, colla quale tenderebbe a un altro qual fiasi punto  $r$  come  $\overline{rp}^2 \times sp : \overline{sg}^3$ , che è il cubo della retta tirata dal primo punto  $s$  parallela alla distanza  $pr$  dal secondo punto, e determinata dalla tangente  $pg$ . Imperocchè dalla Prop. 44. la forza centripeta verso  $s$ , a quella verso  $r$  è, come  $(1 : \overline{sp}^2 \times \overline{pu}^3) : (1 : \overline{rp}^2 \times \overline{pr}^3)$ , e moltiplicando amendue i termini per  $\overline{sp}^3 \times \overline{pu}^3 \times \overline{rp}^2$ , sarà la forza prima alla seconda come  $(\overline{sp}^3 \times \overline{pu}^3 \times \overline{rp}^2 : \overline{sp}^2 \times \overline{pu}^3) : (\overline{sp}^3 \times \overline{pu}^3 \times \overline{rp}^2 : \overline{rp}^2 \times \overline{pr}^3)$ , ed abbreviando l'espressione sarà ancora come  $sp \times \overline{rp}^2 : (\overline{sp}^3 \times \overline{pu}^3 : \overline{pr}^3)$ . Ma per gli angoli  $spg$ ,  $ptu$  retti, e per gli alterni  $spg$ ,  $tpu$  uguali, il triangolo  $spg$  è  $ptu$ ; e perciò  $tp : pu :: sp : sg = (sp \times pu : tp)$ , ed elevando questa equazione a cubo,  $\overline{sg}^3 = (\overline{sp}^3 \times \overline{pu}^3 : \overline{tp}^3)$ ; Dunque sostituendo il valore trovato di  $\overline{sg}^3$ , sarà la forza verso il punto  $s$ , a quella verso  $r$  come  $sp \times \overline{rp}^2 : \overline{sg}^3$ . Ciò che dovea dimostrare.

1055. Ogni curva potendo avere una parte comune infinitesima col cerchio, sarà vero in generale di qualunque curva ciò che abbiamo dimostrato presentemente nel cerchio.

### PROPOSIZIONE XLV.

*Trovare la legge della forza centripeta, quando tende al centro dell'ellissi.*

Tav. 30.  
Fig. 9.

1056. **L**'ellissi, ovvero ovale è una linea, che si descrive fissando in due punti  $s$ ,  $n$  la corda  $spn$ , indi involta la corda ad un chiodo, così che possa scorrere per esso, girando questo, e tenendo sempre tesa la corda verrà a descrivere l'ellissi  $paKAd$ . Sia dunque l'Ellissi  $EABa$ , i punti  $s$ ,  $n$ , co' quali è stata descritta si chiamano i suoi *focci*, o *umbilichi*;  $Aa$  è il suo diametro maggiore, ovvero asse;  $Bb$  il diametro minore;  $dK$ ,  $pg$  si chiamano *Diametri conjugati*. Si tirino  $pf$  alla  $dK$ ;  $qt$  alla  $pg$  perpendicolari, la tangente  $pr$  al punto  $p$ , la linea  $qr$  parallela al raggio vettore  $pc$ ,  
e la

Tav. 30.  
Fig. 8.

e la  $qk$  parallela alla  $rp$ ; farà  $rqkp$  parallelogrammo, e la  $qk$  per le sezioni coniche parallela al diametro  $dK$ . Si tiri inoltre  $ps$ , e la  $qT$  perpendicolare. Essendo  $pc$  il raggio vettore, la prima formula §. 1045. si muterà in questa ( $qr : pc^2 \propto qt^2$ ).

1057. Essendo  $qk$  parallela alla tangente  $rp$ , farà dal trattato delle sezioni coniche ordinata del diametro  $pg$ ; e perciò dallo stesso avremo questa proporzione  $qk^2 : pk \propto kg : dc^2 : pc^2$ ; ma essendo  $qk$  parallela alla  $dK$ , l'angolo alterno  $qkt = kcf$ , e gli angoli  $t, f$  essendo retti farà  $qtk \sim kfc$ ; e perciò  $qt : qk :: pf : pc$ ; onde  $qt^2 : qk^2 :: pf^2 : pc^2$ , e moltiplicando i termini della prima con quelli di questa proporzione avremo  $qk^2 \propto qt^2 : qk^2 \propto pk \propto kg :: dc^2 \propto pf^2 : pc^2$ . Ma per le sezioni coniche in tutti i diametri conjugati abbiamo  $dc \propto pf = ac \propto Bc$ ; dunque farà ancora  $dc^2 \propto pf^2 = ac^2 \propto Bc^2$ . Sostituendo nella proporzione di sopra il valore della quantità  $dc^2 \propto pf^2$ , e cassando ne primi due termini  $qk^2$ , diventerà di questa forma  $qt^2 : pk \propto kg :: ac^2 \propto Bc^2 : pc^4$ . Ma per la costruzione  $pk = qr$ , ed inoltre  $pg = 2pc$ , e per la infinitesima  $kp$ , e ancora  $kg = 2pc$ ; dunque sostituiti questi valori, l'ultima proporzione si muterà in questa  $qt^2 : qr \propto 2pc :: ac^2 \propto Bc^2 : pc^4$ ; e dividendo i termini conseguenti con  $pc$ , farà  $qt^2 : 2qr :: ac^2 \propto Bc^2 : pc^3$ ; e dividendo il secondo, e il quarto termine, ovvero ciò che è lo stesso, dividendo il secondo, e moltiplicando il terzo per 2 farà  $qt^2 : qr :: 2ac^2 \propto Bc^2 : pc^3$ ; e perciò ( $qr \propto 2ac^2 \propto Bc^2 : qt^2$ ). Ma le linee  $ac, Bc$  come semiasse della ellissi sono costanti; dunque farà ( $qr : qt^2$ ) :  $pc^3$ , e dividendo amendue i termini per  $pc^2$  farà ( $qr : qt^2 \propto pc^2$ ); ovvero la forza centripeta per lo §. 1045. farà come  $pc$ . Dunque la forza centripeta, che si ricerca in un corpo, acciocchè descriva un ellissi, e tenda al suo centro, farà direttamente, come la distanza dal medesimo. Ciò che dovea ritrovare.

1058. Supponiamo ora, che i due fochi  $s, n$  vadano al centro  $c$ , l'ellissi in questo caso si muterà in un cerchio, e la forza centripeta farà costante. Immaginiamoci ora, che il foco  $s$  insieme col centro  $c$  vadano verso  $A$  in infinito, l'ellissi si muterà in una parabola, e la forza, che tende al centro infinitamente lontano, sarà infinita, e perciò costante.

## P R O P O S I Z I O N E XLVI.

*Trovare la legge della forza centripeta, quando tende al foco dell'ellissi.*

Tav. 30.  
Fig. 9.

1059. **S**iano,  $n$  i due fochi, e la forza centripeta tenda al foco  $s$ . Si tirino  $ps$ ,  $pn$ , la tangente  $py$ ; e dal centro  $c$  la linea  $cz$  parallela al raggio vettore  $ps$ . Si tiri inoltre il diametro  $dK$  parallelo alla tangente  $py$ , farà  $pez$  un parallelogrammo, onde  $ep = cz$ . La forza, che tende al punto  $c$ , si chiami  $W$ , quella, che tende al foco  $s$ , si chiami  $V$ . Dal §. 1055. farà  $W : V :: cp \times sp^2 : cz^3$ , ovvero  $ep^3$ ; onde  $W \times ep^3 = V \times cp \times sp^2$ ; e perciò  $V = (W \times ep^3 : cp \times sp^2)$ ; ma dal §. 1057.  $W$  è come  $pc$ ; dunque farà  $V : (pc \times ep^3 : pc \times sp^2)$ ; ovvero  $V :: (ep^3 : sp^2)$ . Ma dalle sezioni coniche abbiamo  $ps + pn = Aa$ , e inoltre  $pe = (ps + pn : 2)$ , dalla prop. 48. e 52. del libro 3. delle sezioni coniche d'Apollonio, e dalla prop. 2. del libro sesto d'Euclide; dunque essendo  $ep$  costante, farà  $V :: (13 : sp^2)$ . E perciò la forza centripeta, che si ricerca in un corpo, acciocchè descriva un'ellissi, quando tende al foco di essa, sarà inversamente, come il quadrato della distanza dal foco. Come dovea dimostrare.

1060. Questo è ciò che supposti senza dimostrarlo nel §. 571. Immaginiamoci ora, che il foco  $s$  insieme col centro  $c$  vadano in infinito, l'ellissi si muterà in una parabola, o in una iperbola secondo le diverse condizioni; e ancora in questo caso la forza centripeta, che tende al foco  $n$ , sarà inversamente come il quadrato della distanza. Dunque se un corpo descrivendo una linea curva, sia spinto da una forza inversamente come il quadrato della distanza, dovrà descrivere alcuna delle tre sezioni coniche poco fa mentovate.

1061. Quantunque nel §. precedente abbiamo dimostrato, che posta la forza centripeta inversamente come il quadrato della distanza, debba il corpo descrivere una sezione conica, meritamente si può dubitare, se oltre queste curve possa il corpo descriverne altre, colla stessa legge. Il determinare questo punto è di necessità per l'Astronomia, nella quale è vero, che si dimostra colle osservazioni immediate fatte da Keplero sopra la stella di Marte §. 571., che i corpi celesti descrivono ellissi intorno al sole, e perciò per la preced. prop. sono spinti da una forza centripeta, che è inversamente come i quadrati delle distanze; ma può inoltre provarsi l'orbita ellittica de' pianeti

neti per mezzo d'altre osservazioni fatte nel cielo. Hanno osservato gli Astronomi, che i tempi periodici de' pianeti sono in sesquiplicata ragione delle loro distanze dal Sole, dal che ne siegue, che la forza, colla quale son portati in giro deve esser per lo corol. della prop. 41. come i quadrati inverfi delle distanze; e perciò da questa prop. ne verrebbe in conseguenza, che i corpi celesti descrivono ellissi intorno al Sole, non essendovi tra le sezioni coniche altra curva, che ritorni in se stessa, come sono le orbite de' pianeti, fuorchè l'ellissi, e il cerchio, e questo restando escluso dalle proposi-  
43. 44.

1062. Il Newton nella prima ediz. de' suoi principj suppose, che fuori delle sezioni coniche altra curva non potesse un corpo descrivere, quando la sua forza centripeta è inverfamente come il quadrato della distanza. Il primo, che intraprendesse di provarlo fu Giacomo Ermanno per mezzo del calcolo integrale nel diario di Venezia; ma come osservò Giovanni Bernulli, niente avrebbe dimostrato, se ciò per altra via non avesse conosciuto. Perciò questi nelle Memorie del 1710. ne diede un'altra dimostrazione, ma alquanto imbarazzata. David Gregorj nel lib. 1. dell' Astronomia prop. 6, cor. 6. dimostra, che fuori delle sezioni coniche non può descriversi altra curva con questa legge, perchè l'ellissi non può mutarsi altro, che in un circolo, iperbola, o parabola come abbiain visto §§. 1058, 1060. Questa ragione ha molta forza presso di quelli, che comprendono al fondo il sistema delle curve. Il Newton nell'altra edizione de' suoi principj ne accennò una sicura dimostrazione al coroll. 1. della prop. 13. osservando, che la curvatura d'una linea si può sempre determinare data la velocità, la legge della forza, e il sito della tangente alla curva da descriversi; inoltre dato il foco, il punto del contatto, la positura della tangente si può descrivere una sezione conica, che abbia quella data curvatura; e di più è impossibile colla stessa forza data descrivere due curve, che si tocchino. Wolfio dopo avere esposto le due formole date dal Varignon nelle memorie del 1700, 1701. e ritrovate l'equazioni, che esprimono le proprietà di più curve, finalmente nel probl. 112 al cap. 13 della meccanica cercando un'equazione per la *trajettoria*, posta la legge, con cui la forza opera inverfamente, come il quadrato della distanza truova, che è un'equazione di due dimensioni, e perciò  
deve

deve essere per necessità qualche sezione conica. Quindi è fuor d'ogni dubbio, che con questa legge di forza non può descriversi altro, che una delle quattro sezioni coniche già mentovate.

1663. Per esprimere ciò che abbiamo dimostrato delle forze centrali, inventò lo s Gravescande la seguente macchina, che descrive nel lib. 1 della Fisica. Sopra la base DEEDC si collocano le tavole A, B orizzontalmente, il diametro delle quali comodamente è di 2 piedi. Queste appoggiamo sopra due colonne GH, iH attaccate al loro centro, e che in H, H hanno i loro perni, co' quali entrano ne' buchi corrispondenti fatti sulle travi ED. I forami dove entrano i perni delle colonne Hi, Hg si fanno in una lastra m di qualche metallo, per più durata. Sotto ciascheduna tavola si può applicare in mezzo alla colonna una ruota incavata nella periferia a modo di taglia, il di cui centro deve corrispondere a quello delle tavole A, B. Per fare l'esperienze alle volte abbiamo bisogno di muovere una sola tavola, alle volte di girarle amendue. Ciò si fa colla ruota verticale Q, e colla piccola macchina x v v, che per mezzo di due viti poste in x, x s'unisce fortemente al piede della macchina grande verso la ruota Q, cosicchè la parte superiore v v t della macchina piccola sia nello stesso piano delle ruote orizzontali, che sono sotto le tavole A, B della macchina grande. Sia da muoversi solamente la tavola B, farete passare la corda per la ruota Q, dalla parte superiore all'inferiore, e da questa per c passerà per le piccole taglie v v della macchina piccola, indi per la ruota b, che sta sotto la tavola B della macchina grande, e da questa passerà per la taglia t orizzontale della macchina piccola, e quindi salirà in c verso la parte superiore della ruota Q, che sta nella macchina grande. La disposizione della corda si vede nella figura 3, ove sono delineate le taglie v, v t della macchina minore, e la ruota b della maggiore. Quando debbano girarsi colla ruota Q amendue le tavole A, B la disposizione, che deve avere la corda si vede nella fig. 4, dove la lettera c denota la parte inferiore della ruota Q, le lettere t, v, v le taglie della macchina nella fig. 2; e le lettere a, b le ruote, che stanno sotto le tavole A, B della macchina grande nella fig. 1. Sopra le tavole A, B si fermano con viti le casse lunghe P, P per far molte sperienze, il loro mezzo, ove è un forame, corrisponde al centro delle tavole A, B, che sono forate, corrispondendo il buco

dentro le colonne, su cui s'appoggiano. Le colonne Hg, Hi sono di dentro fatte con un canale gf, dentro il quale si pone il cilindro N che contiene un sottile tubo di vetro aperto da amendue le parti. La tavola, che è unita alla colonna si vede in ee, la ruota annessale per girarla in bb. La colonna termina in f, ed è unita al pezzo di sotto con quattro bastoni rotondi di ferro come si vede in D, e l'asse rotondo h è quello, che va nel buco H del piede della macchina grande. Vicino al mezzo delle casse P, P come si vede in v, v della macchina grande vi è un tramezzo che non è fissato alle cassette, ma sospeso a due perni a, b e la sua figura si vede in V. Intorno a questi assi si gira facilmente, ed ha una apertura di sotto. Dentro le cassette alle volte si mettono delle palle come t attaccate ad un filo tL, che si fa passare per un forame, che sta sotto la chiave P, e a questa si unisce. In alcune altre esperienze si fa passare il filo, a cui è attaccato il globo t, per l'apertura del tramezzo V dentro il tubo di vetro, che sta in N, e scende il filo fino in f, dove è il voto D della colonna, e a questo s'unisce un peso.

Tav. 29.  
Fig. 6.

Tav. 29.  
Fig. 1.

Tav. 29.  
Fig. 7.

1064. *Esperienza.* Si ponga nella cassa P della tavola B il globo t, e il filo tL, a cui sta annesso, si faccia passare per lo tubo di vetro, che sta nel centro della tavola B, e per lo cilindro incavato nella colonna, cosicchè arrivi nel voto D della medesima, e si tenga la sua estremità colla mano, mentre la ruota Q fa girare la tavola B; il globo t, se la tavola gira a mano dritta, starà fermo, e unito al lato sinistro della cassa, il che indica, che si muove colla stessa velocità della tavola. Si tiri l'estremità del filo, in questo modo s'accorcia la distanza tL del globo, dal centro L intorno a cui gira, offerverete immediatamente il globo t urtare nel lato destro della cassa: il che indica, che ora si muove con più velocità della stessa, perchè se non ci fosse il lato della cassa, uscirebbe il globo fuori verso quella direzione di moto, che ha la cassa, e la precederebbe. Astenerevi di tirare, acciocchè il filo tL e perciò la distanza del globo t dal centro torni come prima, e il globo tornerà a urtare nel primo lato sinistro della tavola. Questa esperienza dimostra, che la velocità d'un corpo s'accresce, quanto più s'accosta al corpo centrale.

1065. *Esperienza.* Quattro tubi di vetro ermeticamente chiusi, e posti sopra un piano inclinato, si fermino con viti poste in x da una parte, e dall'altra sopra la tavola B, ovvero A, levata prima la cassa P, e devono situarsi in maniera che la parte più bassa de' tubi sia vi-

Tav. 29,  
Fig. 5.

cina

cina al centro della tavola; la più alta sia verso la sua periferia. Il primo tubo è per metà pieno di mercurio, e acqua; il secondo d'olio di tartaro per deliquio con l'ispirito di vino; il terzo d'acqua con un globo di piombo; il quarto d'acqua con un globo di sovero. Girando la tavola, per mezzo della ruota Q, si vedrà, che immediatamente le parti de' tubi più vicine al centro restano vuote, e si riempiono le superiori, e i corpi più gravi come l'argento vivo, e il piombo stanno nella parte superiore de' tubi, mentre i più leggieri come l'acqua; lo spirito di vino, e il sovero scendono nelle inferiori, verso il centro della tavola. Dacchè si ricava, che ogni corpo mosso in giro ha una forza centrifuga, e questa è maggiore in que' corpi, che hanno maggior gravità, o materia: Di più con questa esperienza si possono esaminare le leggi de' vortici, o de' fluidi portati in giro.

Tav. 29.  
Fig. 1.

1066. *Esperienza.* Sotto la tavola A s'applichi una ruota, e un'altra sotto B, cosicchè la circonferenza della prima sia a quella della seconda come 2:3, ancora i loro tempi periodici saranno per la Statica nella stessa proporzione, e mentre A fa due rivoluzioni, B ne farà tre. Nella cassetta B si ponga il globo t d'una libbra attaccato ad un filo, che passa per la colonna in D, e ivi si sospenda un peso di lib.  $2\frac{1}{2}$ , che s'appoggi sopra la parte inferiore M della colonna, e tenga teso il filo del globo t. Un altro globo uguale t si ponga nella cassetta A, e sia alla stessa distanza dal centro della sua tavola A. Indi al filo, che lo tiene, e disposto come quello di B, sia sospeso un peso di lib. 1. Girando la ruota Q, e perciò le due tavole A, B, i globi t, t per la forza centrifuga, che acquistano nel tempo stesso scostandosi dal centro, sollevano i due pesi dalle colonne M, su cui appoggiavano. Dunque le loro forze centrifughe, o centripete dovranno essere proporzionali a' pesi, perchè questi sono disuguali; ma il peso di B è lib.  $2\frac{1}{2}$ , cioè  $\frac{5}{2}$ , il peso di A è lib. 1, cioè  $\frac{2}{2}$ ; e perciò i pesi sono come 5:2; dunque ancora la forza centripeta del globo t nella tavola B farà a quella di t nella tavola A; come 9:4, essendo amendue i globi alla stessa distanza dal centro, e perciò avendo la stessa velocità, ed essendo dello stesso peso. Il tempo periodico di B è 2, di A è 3; i quadrati di questi numeri sono 4, 9; dunque le forze centripete, che erano come 9:4 saranno in ragione inversa de' quadrati de' tempi periodici. Da questa esperienza si ricava il metodo di esprimere i diversi tempi periodici per mezzo delle ruote diverse, che si applicano sotto le tavole; siccome ancora la quantità delle forze centrali per mezzo de' pesi  
attac-

attaccati a' globi  $t, t$ , che corrispondono nel voto  $D$  delle colonne.

1067. *Esperienze.* Si pongano in una delle due casse i due corpi  $P$ , Tav. 29.  
Fig. 8. **Q**uinti con un filo di ferro, ed il loro centro di gravità sia in  $C$ . Se si pone il centro  $C$ , che corrisponda al centro della tavola, ovvero della cassa  $P$ , che è lo stesso, amendue i globi si muovono insieme colla cassa, e perciò stanno quieti; ma se il centro  $C$  si slontana da quello della tavola, amendue i corpi vanno verso quella parte della cassa, dove si è accostato il centro di gravità. Collo stesso metodo possiamo sperimentare tutte l'altre verità già esposte intorno alle forze centrali, che farebbe lungo il descriverle.

S E Z I O N E V.

*Le affezioni secondarie della materia, o le qualità.*

1068. **F**Inora abbiamo esaminate le tre proprietà primarie della materia, e fondamentali di tutto il discorso, che si fa intorno la natura de' corpi, cioè della *Estensione, Resistenza, e Mobilità*. Passiamo ora a trattare delle *affezioni secondarie, o sensibili* dette ancora *qualità de' corpi*. Tra queste sceglieremo le principali, che fervono di strada all'altre, le quali meglio si concepiscono ne' corpi particolari della natura. Quindi parleremo della *durezza, e coerenza de' corpi, della mollezza, ed elaterio, della densità, e rarezza, della fluidità, del calore, e del freddo*.

1069. Quando i corpi operando per mezzo della loro estensione, solidità, e moto, si rendono a noi sensibili, ciò fanno immediatamente toccando i nostri sensi, o per mezzo delle minime particelle, che mandano fuori di se. Per lo più operano i corpi per mezzo di queste parti insensibili agli occhi, ma sensibili per le loro impressioni, che fanno sopra gli altri sensi. Che le parti de' corpi siano estremamente sottili, l'abbiamo dimostrato nel Capo 3. della Sez. 2. carte 44. e che queste siano separate una dall'altra nel capo 6. della stessa sez. carte 66. Che i corpi le diffondano da per tutto, le quotidiane osservazioni, e impressioni, che riceviamo da medesimi abbastanza lo dimostrano, e Roberto Boyle prolissamente espone nel suo *Trattato de Atmospheris corporum consistentium*, che sta ne' tre tomi delle sue opere; onde è fuor d'ogni dubbio, che ogni corpo è cinto dalla propria atmosfera di particelle, che hanno una determinata natura; così ci determinano a credere tutti i fenome-

ni naturali. Ma qual legge seguitino queste parti nell'uscire da' corpi, e nell'operare sopra i nostri sensi, si determina colla seguente

PROPOSIZIONE XLVII.

*Ogni azione, che da' corpi si propaga in giro, è inversamente come il quadrato della distanza da medesimi.*

1070. **Q**Uanto maggiore è il numero delle particelle, che sono nello stesso luogo, tanto maggiore è la forza, efficacia, o loro azione. Ma quanto più grande è lo spazio, in cui si diffondono le stesse parti, tanto minore è il numero delle medesime, che si ritrova in un determinato spazio; dunque le azioni di queste particelle faranno inversamente, come gli spazj, ne' quali si diffondono. Sia perciò il corpo A, che mandi in giro molti effluvj, gli formeranno questi intorno una sfera, che perciò vien detta *sfera della sua attività*, e questi effluvj scostandosi dal corpo, verranno a descrivere varie superficie sferiche concentriche, e perciò a dilatarsi sempre in uno spazio maggiore; dunque le loro azioni faranno inversamente come le superficie sferiche ED, BC. Ma queste sono, come i quadrati de' raggi delle sfere EA, BA, secondo che dimostra Archimede; dunque le azioni di questi effluvj faranno inversamente, come i quadrati delle distanze EA, BA dal corpo A. Come dovea dimostrare.

Tav. 31.  
Fig. 1.

1071. Perciò se ci poniamo a doppia distanza da un corpo odoroso, l'odore farà la quarta parte di quello di prima, a distanza 3 farà  $\frac{1}{9}$ , a distanza 4  $\frac{1}{16}$ , ec. Questo è interamente conforme alle osservazioni; così osserviamo, che un lume posto a distanza doppia fa quattro volte meno lume, a distanza tripla, nove volte meno; lo stesso ancora sperimentiamo negli odori, nel caldo, e nel tuoco. Quindi s'osserva, che stando un poco lontano dal fuoco appena n'esperimentiamo il calore, accostandoci due volte più, cresce il caldo molto più, che del doppio ec.

C A P O I.

*Della durezza, mollezza, ed elaterio.*

1072. **P**ER nome di corpo duro intendiamo quello, che essendo urtato non muta figura, e perciò le sue parti sono molto

coe-

## AFFEZIONI SEC. DELLA MATERIA. 403

coerenti. Cercano meritamente i filosofi, quale sia la causa di questa coerenza, la quale non è infinita, perchè non vi è corpo così duro, le cui parti non possano dividersi con qualche forza, se si eccettuano i minimi corpicelli, o elementi de' corpi, i quali sembra, che sian perfettamente duri.

1073. Gli Epicurei, e con esso loro i Gassendisti pretendevano, che la durezza de' corpi dipendesse dalla figura ramola, e intralciata delle minime parti, così si esprime Lucrezio nel libro 2. *de rerum natura*.

*Denique quæ nobis durata, ac spissa videntur,  
Hæc magis hamatis inter sese esse necesse est;  
Et quasi ramosis alte compacta teneri,  
In quo jam genere in primis adamantina saxa  
Prima acie constant ictus contemnere sueta,  
Et validi silices, & duri robora ferri &c.*

Per lo contrario i corpi molli sono quelli, le cui parti quantunque sian dure, pure lasciando molti voti tra loro, nè essendo ramose, non hanno connessione sensibile. In una consimile maniera si spiega Bernier nel Tomo 2. del Compendio della Filosofia Gassendistica; Onorato Fabry trattato 2. lib. 5. della Fisica, de Lanis nel Magistero della Natura, e dell' arte lib. 1. cap. 3. Che questa opinione sia una mera petizione di principio, non ha bisogno di essere dimostrato. Non ho dubbio, che le figure intralciate delle minime parti, ajutano la coerenza, ma queste minime parti essendo composte di altre minori, e conservando costantemente la loro figura ramosa, si cerca, perchè le minori parti, delle quali sono composte, si conservino così unite tra loro.

1074. Cartesio nella parte 4. de' principj, e con esso lui Roault nella parte prima della Fisica capo 22. pretendono, che la durezza de' corpi nasca dalla quiete delle loro parti, perchè siccome il moto le separa, così la quiete le deve tenere unite. Quanto sia lontana dal vero questa opinione, si vede dall' osservare, che la quiete è una mera privazione di moto §. 222.; e perciò essendo la stessa in tutti i corpi, avranno tutti la stessa durezza. Di più la metà meno di forza ci vorrebbe a separare la metà di un diamante dall'altra, che a muoverlo tutto, non consistendo la separazione, che nell'imprimerle il moto; e osserveremmo inoltre, che le parti di qualche poco di polvere starebbero unite con una forza considerabile.

1075. Malebranche nel lib. 6. *De inquirenda veritate*, Giacomo Bernoulli *De gravitate ætheris*, e tutti i moderni Cartesiani rispondono

la durezza de' corpi nella forza centrifuga de' minimi vorticetti, che compongono il vortice grande terrestre, la quale spinge una parte d' un corpo verso l' altra . Alcuni altri Cartesiani più sperimentali attribuiscono la durezza alla forza elastica dell' aria, fondati sulla forte coerenza, che dimostrano i mezzi globi d' Ottone di Guerichio . Ma oltre l' insuffistenza de' vorticetti dimostrata in più luoghi, e specialmente parlando della causa della gravità, e dell' attrazione, e l' insufficienza della semplice elasticità, che è nell' aria, possiamo aggiungere ancora le seguenti istanze . 1. Due gocce d' acque poste vicine sono esposte alla compressione stessa de' vorticetti, che le parti de' corpi più duri, e i punti, ne' quali si toccano, sono quasi infiniti ; dunque dovrebbero essere durissime . Prevedendo quest' obiezione il Bernoulli stabilì, che le parti de' fluidi non si toccano in alcun punto, la qual ipotesi non può sostenersi in alcun conto . II. Questi piccoli vortici devono essere estremamente sottili, acciocchè possano entrare nella campana di vetro della macchina pneumatica, sebbene votata dell' aria grossa, osservando, che i corpi non vi perdono la loro durezza . Dunque penetreranno i pori de' corpi quantunque minimi ; e perciò colla loro forza centrifuga produrranno la separazione delle parti, come quei di fuori l' unione delle medesime .

1076. Tralasciamo di esporre la spiegazione, che dà della durezza Bacone da Verulamio, il quale giudica, che nasca dal contatto delle parti eterogenee de' corpi, come si osserva, che l' acqua, e l' olio insieme agitati producono una materia consistente chiamata unguento; questa opinione è simile a quella di alcuni, che giudicano nascere la coerenza da una materia viscosa interposta nelle parti de' corpi .

1077. Resta adunque, che la coerenza debba ripetersi dal primo interno principio di moto comunicato alle parti della materia, il quale realmente troviamo in natura, e abbiamo chiamato attrazione . Questa è massima nel contatto delle parti de' corpi, e a proporzione, che maggior numero di loro si toccano; onde nasce la diversità, che si osserva nella coerenza de' corpi, o nella loro durezza . Oltre questo primo principio, abbiamo ancora sei altre cagioni, che accrescono la durezza .

1078. La prima è la gravità, e l' elaterio dell' aria, come offeravamo negli emisferj di Ottone di Guerichio . La seconda è la forza magnetica, che si truova tra la calamita, e il ferro, colla quale le parti di questi corpi si uniscono con una forza determinata ; e con-

simi-

simile a questa è quella forza detta Elettrica, che si truova in tutti i corpi, eccettuati i metalli; e quelle specie di gomme, che si sciolgono nell'acqua. La terza è il fuoco, che indurisce la creta, i coralli, e l'ambra, facendo evaporare le parti acquose, che impediscono l'immediato contatto delle parti. Così ancora se il fuoco si accresca liquefacendo le parti metalliche, le riduce ad un maggiore contatto, come osserviamo in quelli utensili di creta, che per lungo tempo si tengono dentro la fornace, che nella loro superficie si incrostano d'una specie di vernice. Il quarto modo si fa coll'interposizione di un fluido, o quasi fluido tra i pori, e le asprezze delle parti de' corpi. Di questo abbiamo dato molti esempj nel capo della attrazione parlando de' cilindri di metallo, e di marmo; molti altri esempj ne abbiamo nelle piante, le parti delle quali tenacemente si uniscono per mezzo di quella specie d'olio chiamato *fisso*, che si estrae dalla pianta solamente col brugiarla. Quindi è nato il modo di render duri i legni, e impedire, che si tarlino col bagnarli spesso coll'olio di lino, o pure bollirli nell'olio comune. Così ancora osserveremo, che per mezzo de' sali introdotti nell'acqua, questa si congela, e si indurisce. La quinta causa è l'effervescenza di alcuni liquori, la quale esclude le loro parti più agitate, e mobili, e riduce le altre ad un immediato contatto. Lo spirito di urina, e divino insieme uniti producono una effervescenza, sedata la quale si induriscono, come il ghiaccio; così ancora l'olio di tartaro per deliquio unito con quello di vitriuolo si muta in un corpo solido detto tartaro vitriuolato, e l'olio di olive mescolato coll'acqua forte si cangia in un corpo solido, e friabile. La sesta causa è il freddo; onde osserviamo, che tutte le resine siano di terra, o delle piante, si induriscono al freddo, parte perchè questo introduce le punte saline dentro di esse, parte perchè escludendo le particelle del fuoco, rende gli elementi delle resine più atti a poter esercitare la loro forza attraente. Così ancora osserviamo, che l'acciajo infocato, se si immerge nell'acqua fredda acquista una durezza considerabile, e vien detto *acciajo temperato*.

1079. Per mezzo del freddo principalmente si spiega la durezza di quelle lagrime di cristallo dette lagrime filosofiche. ABCDEF, è la figura, che per l'ordinario loro si dà; per altro si fanno ancora a guisa di vermi solidi. Queste si formano lasciando cadere il cristallo infocato, e ben puro dentro l'acqua non calda. Furono a caso ritrovate in Olanda a tempi di Roault; A si dice il capo, CDEF la coda.

Tav. 31.  
Fig. 2.

1080. *Osservazioni*. Se il capo in B si batte col martello regge a' suoi colpi; ma se si rompe la coda in E, o in D si spezza con impeto, e va in minutissima polvere. Nel capo, e nella coda vi sono molte ampolle. Se colla lima, o con acqua, e smeriglio si logora il capo, tosto che si giunge a qualche ampolla, va in polvere la lagrima; ma se invece d'acqua si adopera l'olio, non sempre ciò accade. Nel rompersi la lagrima spesse volte alcuni pezzi pajono interi, e vi si vede dentro molte fisure, che come altrettanti raggi sono dirette all'asse di mezzo CA della lagrima; se questi pezzi si prendono tra le dita un poco compressi si riducono in polvere. Tutti questi fenomeni osservati già da Roault, Montanari, Ombergio, Ookio, e Sturmio cessano, se la lagrima si scalda prima al foco.

1081. A spiegare questi fenomeni alcuni ricorrono all'elaterio dell'aria, che per lo freddo improvviso si condensa nel centro della lagrima, e quando se le apre l'adito, uscendo con impeto la spezza. Contro a questa spiegazione fa la maniera, con cui si formano; il fuoco esclude ogni aria da' corpi, nè v'è modo migliore di liberarli dall'aria; dunque immergendo il cristallo infocato nell'acqua, non può l'aria condensarsi dentro la lagrima.

1082. Roault dalla stessa maniera di formarle ne ricava una ottima spiegazione. Quando, dice egli, il cristallo cocente s'attuffa nell'acqua fredda, la superficie esteriore è la prima a condensarsi, onde i suoi pori si restringono più di quelli, che sono nel corpo della lagrima, e questi sempre assai meno, che ci accostiamo al suo asse; onde i pori sono come tanti coni, le punte de' quali sono alla superficie, le basi nell'asse della lagrima. Indi nasce, che la lagrima, battuta nella superficie regge al martello, ma si frange tosto che, rotta la corda, si dà l'adito all'aria d'entrare per le basi de' coni. A questa vera cagione de' fenomeni della medesima si deve aggiungere, che dentro non vi è aria, essendole precluso l'adito d'entrare dal serramento delle parti superficiali della lagrima prodotto dal freddo; onde l'aria esteriore col suo elaterio, tosto che è aperto l'adito nell'interno del cristallo, v'entra con impeto, e ne separa le parti. Inoltre acciocchè il cristallo acquisti consistenza, e durezza è necessario, che le parti del fuoco a poco a poco se ne disprigionino; onde è che terminato un lavoro non s'espone tosto all'aria fredda, ma si pone sopra la fornace a un'aria calda per cuocerlo, come dicesi comunemente. Se tosto s'espone all'aria fredda il cristallo appena uscito dal-

dalla fornace, e molto più all'acqua, le parti tutte del fuoco essendo obbligate d'uscire con impeto separano, e sconvolgono quelle del cristallo, e così impediscono, che non esercitino la loro forza attraente, onde restano così leggiermente unite, che ad ogni piccolo urto si separano facilmente.

1083. Con quest' ultima sola cagione si spiega il fenomeno di quelle bocce di vetro ritrovate in Bologna. Si fa di vetro ordinario la boccia ACEDB vota al di dentro, ma che in CEDG è molto massiccia, questa in vece di cuocerla si lascia all'aria fredda. Se si batte in terra, regge per lo più a' colpi, se dentro essa si pone un corpo non angoloso, come una pietruccia rotonda, non fa alcun motivo; ma se si lascia cadere dalla bocca AB una sottilissima scaglia di pietra focaja, o altra, nell'urtare questa in G, va in pezzi con non mediocre rumore tutto il fondo CEDG. Queste bocce bene spesso ancora da per se sole si rompono. Le parti del vetro interiori essendo pochissimo unite, ma avendo qualche coesione quelle della superficie, parte per queste, parte per la figura sferica, che ha la boccia, regge a' colpi; ma se un'acuminata pietruccia urta tra parte, e parte facendo una piccola incisione dà adito in primo luogo all'aria d'entrar dentro col suo elaterio, e in secondo luogo comunica alle minime parti del vetro un moto oscillatorio, per cui queste già poco unite facilmente si staccano. Ajuta ancora la loro separazione il peso del vetro, che è massiccio in GE.

Tav. 31.  
Fig. 3.

1084. La Coerenza de' corpi è di due maniere assoluta, e relativa, o trasversale. Se tiro un bastone per lungo prendendolo dalle sue estremità, la resistenza, che mi fa, si dice assoluta; se lo incurvo per romperlo, o pure conficcato nel muro sospendo un grosso peso dalla sua estremità, acciocchè questo lo spezzi, la resistenza, che fa, si dice relativa. Quindi non è difficile il vedere quanto maggiore sia la prima specie di coerenza della seconda.

1085. Il primo, che distinse queste due specie di coerenza fu il Galilei, come apparisce ne' suoi dialoghi, questi fu seguito da Blondel nel trattato stampato nel 1661, il cui titolo è *Galileo promosso*, e nella sua lettera, che si truova ne' Trattati Matematici stampati a Parigi nel 1676. Dopo di questo parlò della resistenza de' solidi Alessandro Marchetti nel libro *De Resistencia solidorum* uscito in Firenze l'anno 1699.; indi Onorato Fabry nella Fisica Trattato 2. lib. 5. anno 1699. Wurzio volendo coll'esperienza confermare le leggi date dal Galilei, non le trovò a quella conformi, lo stesso in parte osservò

an-

ancora il Mariotte, come apparisce dalle sue Opere stampate tutte a Leiden nel 1717. Molte cose intorno a questa doppia resistenza esposse il Leibniz negli Atti di Lipsia del 1684. e Varignon nelle Memorie del 1702. e Parent nelle stesse. Una formola per determinarle diede il Bernoulli nelle Memorie del 1705. Un intero Trattato ne fece Paolo Osto della Compagnia di Gesù, come apparisce dalla raccolta de' suoi Trattati Matematici, che uscì a Parigi nel 1692. Molte cose ancora intorno alla resistenza principalmente contro Wurtzio, e Marchetti offerò l' Abbate Grandi nelle note al Trattato di Galilei, e Reaumur nelle Memorie del 1711.; ma più compiuta di tutte è la dissertazione, che ne fa il Musschenbroek, come apparisce nelle sue dissertazioni Fisico-Geometriche.

1086. Per determinare le due specie di resistenze, concepiscono questi Autori ogni corpo composto come di tanti filamenti, o fibre. Con questa ipotesi esaminando prima la forza diretta, e trasversale delle fibre, o siano fili di seta ec. determinarono alcuni essere la coerenza assoluta alla relativa come 3:1, altri come 4:1, secondo le diverse ipotesi da esso loro fatte, o che lo slungamento delle fibre sia proporzionale alla forza, che le tende, come il Leibniz, cui però s'oppose Bernoulli; o secondo altre leggi da esso loro probabilmente congetturate. Il Musschenbroek però lasciate da parte le ipotesi, appoggiandosi sulla sperienza vide, che non si potea dare una regola generale, accadendo spesso, che la coerenza assoluta sia alla relativa come 18:1, conformemente alle sperienze, che di lui riferiremo.

1087. *Sperienze.* Suspendendo il Musschenbroek varj fili metallici, il diametro de' quali era  $\frac{1}{2}$  di pollice Renano, e attaccando all'altra estremità varj pesi finchè si rompessero, offerò, che per rompere un filo di rame di Svezia si ricercarono libbre 299  $\frac{1}{2}$  secondo la tavola seguente

<i>Fili</i>	<i>Pesi</i>
Di rame della Svezia	299 $\frac{1}{2}$
D'ottone	360
D'oro delle doppie di Spagna	500
Di piombo	29 $\frac{1}{2}$
Di stagno	49 $\frac{1}{2}$
D'argento de' Filippi	370
Di ferro	450

Prima di rompersi s'affottigliavano tutti in quel luogo ove si spezzava-

zavano; di modo che essendo prima di  $\frac{1}{2}$  di pollice, od' una linea Renana, divenivano successivamente  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  di linea ec.

1088. *Esperienze*. Quando i fili sono d'ugual grossezza, e della stessa natura per tutta la loro lunghezza, siano lunghi, o corti sostengono sempre lo stesso peso. Questo osservarono il Galilei nel Dialogo 2 della Meccanica, Mariotte nella parte 5 del moto dell'acque disput. 2. e Musschenbroek nella prop. 4. Per verità Mersenne pare, che provasse il contrario, ma egli stesso osserva, che più lungo è il filo, più difficile è a farlo della stessa grossezza, e qualità; di più osserva il Musschenbroek, che al peso attaccato al filo deve aggiungersi ancora quello del filo stesso se è molto lungo, e grosso.

1089. È stata, e dura ancora l'opinione tra molti, che i fili ritorti abbiano più forza di quei, che non sono ritorti, ma solamente uniti in un fascio paralleli tra loro. Ciò pretende dimostrare Bellini nel Trattato *De Motu cordis* c. 5. e lo suppone Lanis nel tomo 2. par. 21. *Magisterii natura, & artis*, o per dir meglio lo trascrisse dalla Fisica di Fabri Tratt. 2. lib. 5. prop. 13. Il contrario insegnano le seguenti.

1090. *Esperienze*. Reoamur attaccò ad un filo 10. lib. di peso, dalle quali fu rotto; amendue i pezzi dovrebbero sostenere lib. 20. §. 1088. gli storse amendue, e non sostennero, che libbre 16. Un altro filo Musschenbroek osservò, che si ruppe con lib. 12 $\frac{1}{2}$ . Dunque i due pezzi dovevano sostenere libbre 25. ma contorti non sostennero che lib. 17. Un filo bianco di lino si ruppe con libbre 3 $\frac{1}{2}$ ; amendue i pezzi attorcigliati insieme sostennero solamente lib. 4. Una corda di canape, che avea due linee di circonferenza fu rotta da lib. 92. amendue i frammenti contorti sostennero solamente lib. 160.

1091. Ma se queste esperienze sono vere, perchè comunemente nell' umano commercio si contorcono i fili? Ciò si fa principalmente per due ragioni. Prima, perchè i fili non possono mai formarsi della istessa grossezza da per tutto, onde contorcendoli, la parte debole di un filo si unisce colla forte di un altro, e così si forma un filo tutto della stessa consistenza. In secondo luogo i fili per lo più, come quelle di bombace, di lana, di lino, di canapé sono corti; contorcendoli diventano di quella lunghezza, che è necessaria per l'opere. Queste ragioni ciò non ostante servono solamente per dimostrare la necessità di contorcere i fili, ma però sempre meno, che si può, per non debilitarli molto.

1092. Per tre cause principalmente contorcendo i fili si debilitano. Prima, perchè si distendono, e perciò si rendono atti a rompersi, giacchè ogni filo prima di spezzarsi si allunga. Seconda nel ritorcersi si consumano, e si affottigliano uno coll'altro. Terza si dispongono obliquamente, e perciò più facilmente si spezzano, perchè deve superarsi in parte la loro coerenza relativa.

1093. *Esperienze.* Molti sottilissimi fili furono un poco contorti insieme, cosicchè formassero un filo uguale ad un crine di Cavallo; essendo fatti di seta, si ruppero da grana di peso 33915; di tela d'aragno da grana 15800; di lino da grana 11710, di peli umani da grana 9635; un crine di Cavallo da grana 7970. Dal che si deduce, che quanto più sottili sono i fili, che si contorcono, tanto più forza hanno.

1094. *Esperienze.* Una corda musca fatta d'intestini di animali, che avea in diametro  $\frac{1}{2}$  di pollice, si ruppe con libbre 27, un'altra, che ne avea  $\frac{1}{3}$  con libbre 42. Da questa esperienza si conchiude, che queste corde sono le più forti di tutte; perchè essendo il loro diametro 3 volte maggiore di quello de' fili precedenti, la loro grossezza era nove volte maggiore, cioè come il quadrato del diametro. Quantunque per la Geometria le grossezze siano come i cubi de' diametri, trattandosi però della coerenza de' fili, questa deve prenderfi dal quadrato del diametro, niente conferendo la lunghezza delle corde §. 1085. Dunque se la corda di budello avesse avuta la stessa coesione, che un crine di Cavallo, avrebbe portato di peso grana 7970-9, cioè libbre, 9, grana 2680. Ma sostenne libbre 27, dunque era tre volte più robusta.

1095. La *Mollezza* de' corpi la rifondono i Cartesiani ne' fluidi grossi, che hanno libero il passaggio per gli corpi molli. I più rigidi Cartesiani però, tra' quali è Roault ripetono la mollezza dalle parti eterogenee, altre delle quali stanno quiete, altre si muovono, cioè altre son dure, altre fluide.

1096. Tutte queste essendo ipotesi, non porta la spesa di fermarsi ad esaminarle. Meglio di tutti i Newtoniani dimostrata la forza attraente chiamano corpi *duri* quelli, le cui parti sono tenacemente attaccate; *molli*, le cui parti non sono interamente lontane dal contatto, ma tosto che si urtano, perdono il primo contatto, e passano ad altri; *elastici* quelli, che conservano il primo contatto, e lo perdono solamente nel tempo, che sono compressi;

*fluidi*

*fluidi* quelli, le cui parti hanno un piccolissimo contatto, e perciò una minima coerenza.

1097. Un grado di mollezza è la *flexibilitas*, che si osserva ne' fili nelle membrane, nelle pelli ec. In questi la coerenza non può essere sensibile, almeno nelle parti grosse, che hanno; perchè si piegano; ma almeno le loro parti insensibili devono avere una coerenza considerabile, perchè i corpi flessibili non facilmente si spezzano. Congetturando si può dire, che quella specie di corpi sia composta di lunghe fibre cilindriche, e perciò non molto coerenti tra loro, ma che le stesse siano composte di parti minori tenacemente tra loro attaccate; quindi nasce, che il corpo flessibile cede, e non si spezza. Ciò pare confermato dall'osservare, che i legni, e le parti degli animali, sono tutte composte di fibre, e filamenti, e hanno la flessibilità.

1098. *Elastici* si dicono quei corpi, che cedono, e dopo si restituiscono nella primiera figura, interamente se sono perfettamente elastici, o in parte, se sono imperfettamente elastici, come i metalli, i semimetalli, le pietre, molte parti degli animali ec. Tra questi corpi quei che hanno il più perfetto elaterio, sono le unghie delle dita, le corna, l'avorio, l'acciajo temperato, il vetro, e le pietre preziose.

1099. Affinchè un corpo sia elastico si ricerca, che sia *compatto*, o abbia una determinata densità; così osserviamo, che i metalli battuti acquistano l'elaterio, l'acciajo temperato, e più denso, che il molle; perchè la sua gravità sta a quella del molle, come 7809. 7738. quantunque le parti del temperato siano meno coerenti, che quelle del molle. Così ancora osserviamo, che i corpi scaldati hanno meno elaterio, e le corde degl'istromenti risuonino più d'inverno, che di state, ed il suono maggiore dipende dal maggiore elaterio. L'acqua certamente se non si scalda, o scioglie in vapori, non è elastica, ma il suo elaterio non dipende dal caldo, ma dall'aria, che vi si introduce dentro, e si dilata col calore,

1100. Per l'elaterio si ricerca inoltre una *tensione* determinata nelle parti del corpo, il che si osserva evidentemente nelle corde degl'istromenti musicali; ma qual grado di tensione debba essere, non hanno ancora determinato le esperienze. Questo si fa di certo dalle osservazioni fatte dal Boyle, Hauksbee, e dal Derham, che i corpi elastici non perdono l'elaterio nel voto.

1101. *L'elaterio è proporzionale alla forza comprimente*, come dimostrammo nella Dinamica per mezzo dell'esperienze de' pendoli.

Tav. 31.  
Fig. 4.

1102. Da questa ultima legge si riduce la *riflessione* de' corpi. Sia il corpo elastico  $F$ , che perpendicolarmente cada sopra il piano  $DE$ , nell'urto, che fa, se il piano è duro, o elastico, si comprimerà il corpo, e con altrettanta forza per l'elaterio restituendosi secondo la legge terza, detratte tutte le resistenze, ribalzerà alla stessa altezza in  $F$ .

1103. Supponiamo ora, che urti obliquamente per la linea  $AB$ , ribalzerà per la linea  $BC$ , facendo l'angolo di riflessione  $CBE$  uguale a quello d'incidenza  $ABD$ . Imperocchè sciolta la forza  $AB$  nelle due laterali  $AF$ ,  $AD$ , solamente colla forza perpendicolare  $AD$  urta nel piano al punto  $B$ , e questa tutta si consuma nell'urto a compianare il corpo, restando intatta la forza  $AF$ , che è parallela al piano stesso. Ma per l'elaterio si restituisce tutta la forza  $AD$  perpendicolare, dunque innalzata  $BF$  a perpendicolo nel punto dell'urto  $B$ , e fatta uguale alla  $AD$ , e presa nel piano  $BE = AF$ , il corpo di moto composto descriverà dopo l'urto la diagonale  $BC$  di un parallelogrammo  $FE$  rettangolo, ed uguale al primo  $FD$ , e perciò l'angolo d'incidenza  $ABD$  sarà uguale a quello di riflessione  $CBE$ .

Tav. 32.  
Fig. 5.

1104. *Esperienza*. Ciò si conferma colla seguente macchina. Sopra la tavola orizzontale si pone un piano levigato di marmo  $AB$ , che si può alzare, e abbassare. Se dal forame  $CN$  si lascia cadere una palla di avorio perpendicolare, ribalza per la stessa linea. Se innalzato il piano  $AB$  in  $AD$ , si lascia cadere sotto l'angolo  $HED$ , ribalza per un angolo uguale  $FEA$ , e cade dentro l'apertura  $G$ , posta alla direzione della linea  $EFG$ . La tavola  $G$  coll'apertura può ad arbitrio alzarfi, o abbassarfi, secondo i diversi angoli d'inclinazione, che si danno al piano.

1105. Dimanderà qualcheduno, che debba accadere ad un corpo duro, quando urta in un altro della stessa qualità? *Clarke* nelle note a *Roault*, come dicemmo, pretende, che debba ribalzare, come un elastico, ma noi dalla teoria, e colle esperienze diciamo, che se il corpo è *molle* nell'urto, si perde il moto nel compianamento, se è *elastico*, si perde nell'urto, e poi torna a rinnovarsi per l'elaterio; se è *duro*, è insuperabile la resistenza del corpo duro urtato, si comunica alle minime parti del medesimo, e queste oscillano, e si vibrano; non essendovi alcuna ragione, per cui debba il corpo rifletterfi, o ritornar indietro col suo moto.

1106. Cercarono già le Scuole se nel punto di riflessione il corpo per qualche spazio di tempo stasse quieto. De Lanis, e Giacomo Odde professore ordinario dell' Accademia di Utrecht, ne principj della Filosofia pretende, che si dia la quiete; ma i Cartesiani lo negano, perchè per la legge prima del moto §. 219. stando quieto per un momento non potrebbe più rifletterfi. Non però a proposito citano questa legge; perchè potrebbe opporsi, che sebbene si quietasse, l' elaterio torna a metterlo in moto. Giudico adunque, che non si dia la quiete; perchè avanti, che il corpo si restituisca, prosiegue il moto suo nel compianarsi; terminato il compianamento, tosto si esercita l' elaterio, che non può ritardare un momento; altrimenti le parti, che hanno ceduto, quietandosi per un momento, si quieterebbero sempre, e in questo caso ha realmente luogo la legge prima.

1107. Cartesio fu il primo a cercare la cagione dell' elaterio ne' corpi alla parte 4. de' suoi principj spiegandolo in questo modo. L' etere ha libero il passaggio in tutti i corpi; ma quando una lamina elastica si piega in arco, i pori della sua parte convessa si dilatano, e quelli della concava si restringono; onde restando intercluso il libero adito all' etere per lo continuo sforzo, che fa, restituirà la lastra alla primiera figura.

1108. Posta l' ipotesi dell' etere, come vera; ciò non ostante non si può con essa render ragione, perchè una lastra di cera, o di altro corpo molle non debba fare lo stesso, accadendo anche in questa la dilatazione, e compressione de' pori. Di più una corda tesa, comprimendola, non si vibrerebbe più volte, come veggiamo accadere; perchè essendosi l' etere aperto una volta di nuovo l' adito, non potrebbe di più far oscillare la corda.

1109. Il Padre Mazier pensò una nuova ipotesi, che espone nel trattato de' piccoli vorticetti, per lo quale ricevette nel 1726. il premio proposto dall' Accademia di Parigi a chi spiegava meglio la forza elastica. Suppone questo, che le parti minime de' corpi elastici si tocchino in pochi punti, lasciando tra esse una quantità di pori comunicanti pieni di vorticetti, che si equilibrano, concepisce queste parti composte di altre minori, e queste di altre, quasi all' infinito, sempre collo stesso metodo, essendo tra ciascuna di esse altri vortici sempre minori comunicanti tra loro, e in equilibrio. Quando si comprime un corpo elastico, tutte queste diverse serie di pori mutano la loro figura, e perciò i minimi vorticetti perdono l' equilibrio tra  
le

le loro forze centrifughe, onde lasciato in suo potere il corpo elastico, per queste stesse forze torna ad acquistare la figura di prima.

1110. Quantunque ingegnosa sia questa nuova ipotesi, ciò non ostante non è sufficiente a spiegare la forza elastica. Imperocchè se i vorticetti non sono chiusi dentro i pori, nel comprimere il corpo usciranno, e perciò cesserà la causa dell'elaterio; se sono chiusi, essendo comunicanti, e fluidi, si guasteranno interamente, o formeranno nuovi vortici, che vadano con altra legge, non essendovi alcuna ragione, per la quale debbano conservare la prima. Che se si sforzano sempre di conservarla, il corpo elastico tenuto piegato per un pezzo non perderà mai il suo elaterio, ciò che è contro all'osservazioni. Questi minimi vorticetti, che sono dentro i corpi, non si fa concepire di che natura siano, se diversi da quelli, che producono esteriormente la durezza, o pure gli stessi.

1111. Artsoeker nel lib. I. c. 4. della Fisica giudica, che l'elaterio de' corpi nasca dall'equilibrio perduto tra l'etere, ch'egli chiama fuoco elementare, e si trova in una determinata quantità ne' corpi, e tra l'aria grossa, che produce la lor durezza, e spinge l'etere uscito da' corpi elastici compressi. Questa ipotesi è soggetta alle stesse difficoltà, che quella di Cartesio, da cui è poco diversa. Tralascio l'opinione di quei, che hanno preteso di spiegare l'elaterio de' corpi per quello dell'aria, cioè l'elaterio per l'elaterio; restando sempre a cercare la causa dell'elasticità dell'aria; che se questa nasca da quella dell'etere, andremo in infinito, e cercando la causa di questi elaterj, non ne assegneremo alcuna di quello de' corpi.

1112. Per rendere una ragione di questa forza più conforme alle osservazioni; sia sopra una tavola un corpo di figura cubica, si sollevi questo da una sola parte dal piano, su cui s'appoggia, lasciandolo coll'altra sopra di questo, tornerà di nuovo ad unirsi; abbandonatolo a se colla tavola, e ciò per la propria gravità come ognuno vede. Che se s'alzasse tanto il corpo da una parte, che la linea di direzione del suo peso non cadesse più nella sua base, ma dalla parte opposta, allora da questa parte andrebbe il corpo nel ricadere. Tanto facile è la spiegazione di questi fenomeni, che alcuno non ne ha mai cercato la ragione. Ora avendo noi dimostrato, che non solo i corpi tendono verso terra, ma di più ogni parte di materia verso dell'altra, non vedo per qual ragione non debba attribuirsi all'attrazione stessa la forza elastica, o di restituzione. Non v'è altra differenza tra il primo,

mo, e secondo effetto, che in quello ognuno è persuaso da comuni esperienze della verità del fatto; in questo si ricerca più attenzione per dimostrare la forza attraente, e mal s'accomoda la mente a concepirla. Immaginatoci le parti de' corpi elastici come tante piccole lastre poste una sopra dell'altra, il che non è alieno dalla loro natura, se si considerano attentamente; nel piegarli, o comprimerli si separano da un lato queste particelle, onde non perdendo interamente il loro contatto, lasciato il corpo, torneranno di nuovo queste ad unirsi. Ma se lo perdono, allora scorrendo una sopra dell'altra, verranno a nuovi contatti, e così non potrà il corpo più restituirsi, o almeno lo farà solamente in parte; ciò che osserviamo di fatto ne' corpi elastici, che molto compressi perdono il loro elaterio, o si spezzano. Assai bene sopra ciò s'esprime Keillio nella dissertazione delle leggi d'attrazione, che sta dopo le sue Lezioni di Fisica e Astronomia.

» *Si talis sit corporis alicujus textura, ut particula ultima compositionis*  
 » *per vim externam a primigeniis suis contactibus paululum dimovean-*  
 » *tur, nec interim in novos contactus commigrent, particule per vim*  
 » *attractivam se mutuo petentes, ad contactus primigenios cito redibunt;*  
 » *iiisdem vero redeuntibus particularum corpus quodvis componentium*  
 » *contactibus, & positionibus, eadem quoque redibit corpori figura,*  
 » *adeoque per vim attractivam corpora, pristinas quas amiserunt pos-*  
 » *sunt denuo recuperare figuras.*

## C A P O II.

### *Della Rarezza, Densità, e Fluidità.*

1113. **R**aro si chiami quel corpo, tra le cui parti si trovano molti pori; *denso* quello ove ci sono più parti, e meno pori. Che non vi sia corpo senza pori lo dimostrano le seguenti

1114. *Osservazioni.* I. Esposto qualunque corpo sotto il microscopio, s'offerterà la sua superficie, quantunque apparisca molto stretta, ciò non ostante piena tutta di fori di diversa grandezza. II. Il lume, ed il fuoco penetrano tutti i corpi. Ogni corpo esposto al microscopio mostra una superficie risplendente; di notte guardando tra due dita della mano unite il lume, risplendono nella loro unione. Il celebre Beccari nel suo Trattato de' Fosfori stampato in Bologna nel

nel 1744., avendo chiusa perfettamente una piccola camera coverta di panni neri, in vece di finestra avendoci adattato un tamburro di legno, che esattamente ne chiudea l'apertura, senza dar adito al lume di fuori; pose dentro il tamburro varj corpi animati, vegetabili, e inerti, indi rivoltando l'apertura del tamburro all'aria di fuori, li fece stare esposti al Sole per qualche tempo, mentre egli stava nella camera perfettamente oscura. Rivoltando poscia il tamburro, vide tutti i corpi distintamente, quantunque raggio di Sole non penetrasse nella camera; e dopo alquanto tempo li ritornò a perder di vista; il che dimostra evidentemente, che i raggi del Sole erano intimamente penetrati ne' corpi. III. L'argento vivo posto sullo stagno, piombo, rame, e sull'oro stesso, è imbevuto da questi, come l'acqua dalla spugna. IV. Fajo nelle memorie dell'Accademia Reale del 1728, dimostra il modo di far penetrare ne' marmi benchè durissimi qualunque colore. Si strofinino per lungo tempo i marmi bianchi con lo spirito purissimo di timo mischiato col sale ammoniac, o col sangue di drago, o colla gommigutta prima sciolta collo spirito di vino rettificato, o col fiore girasole sciolto nel sugo di limoni; penetrano questi colori a qualche pollice nel marmo. S'osserva ancora, che l'olio macchia ben spesso i marmi, di modo che non si possono più pulire. Molte di queste esperienze oltre il luogo citato possono vederfi nelle memorie del 1732. V. Molti corpi insieme uniti, o solidi, o fluidi occupano minor luogo di quello, che portano amendue i loro volumi. Reaumur nelle memorie del 1733. ponendo dentro due parti d'acqua una di spirito di vino, notò l'altezza, alla quale erano nel vaso, dopo scotendoli osservò, che occuparono meno luogo, di modo che convenne aggiungervi  $\frac{1}{2}$  di spirito di vino, per farle tornare all'altezza di prima. Empite un vaso fino a tre pollici d'olio di vitriuolo, e poneteci sopra altrettanta acqua otturando il vaso, acciocchè nell'effervescenza non svaporino; cessata questa, si troveranno nel vaso più bassi di 6 pollici. Se con 10 parti d'olio di vitriuolo mischiate 40 d'acqua, le troverete più bassi due parti di quello, che dovrebbero essere. Se dentro due pollici d'arena, ne ponete due d'acqua, ne troverete solamente due abbondanti. La materia è impenetrabile; dunque conviene ammettere in tutti i solidi, e fluidi una quantità di pori, dentro i quali si ricevano le parti degli altri corpi.

1115. Ogni corpo dunque essendo poroso non possiamo determinare, quanto di materia contenga. Che se potesse trovarsi un corpo senza

senza pori, e il suo peso fosse d'una libbra, allora se pesando un corpo di egual volume trovassimo il suo peso di  $\frac{1}{3}$  di libbra, sicuramente potremmo concludere; che vi sono dentro questo  $\frac{1}{3}$  di pori. In qualche maniera però possiamo generalmente determinare, qual sia la quantità di materia rispetto a' pori in ciascun corpo. Fingiamo, che però è lontano dal vero, che dentro l'oro c'è ugual materia, che voto. Un volume d'acqua uguale a quello dell'oro pesa  $19\frac{1}{2}$  meno di esso. Dunque deve contenere tanto più di pori, dell'oro; e perciò i pori dell'acqua a quelli dell'oro sono, come  $19\frac{1}{2} : 1$ . Ma abbiamo supposto, che nell'oro la metà sia pori; dunque paragonando l'estensione vota dell'acqua alla sua materia solida, farà la prima alla seconda, come  $19\frac{1}{2} : 2 : 1$ ; ovvero come  $39 : 1$ . Perciò nell'ipotesi fatta della materia nell'oro, dovrebbe esserci nell'acqua  $\frac{1}{39}$  parte di materia, e 39 di pori; se supponiamo però, il che è più vicino al vero per la gran densità dell'oro, che in esso vi sia una  $\frac{1}{39}$  parte di pori, allora troveremo, che nell'acqua sarà poco più della quattrecentesima parte di materia, e tutto il resto sarà pori. Dal che si può dedurre, quanta sia la rarezza dell'acqua, e molto più quell'aria.

1116. Per mezzo de' pori frapposti tra le parti de' corpi, e della divisibilità infinita della materia, ricaviamo in primo luogo secondo che dimostra Kellio nella lezione 5, come *data una piccola particella di materia, e uno spazio, comunque grande, possa riempirsi di modo che in esso non vi sia alcun poro, che superi in diametro una data linea*. Imperocchè sia lo spazio dato un cubo, il di cui lato uguali AB, che ha qualunque lunghezza, ma però finita. La particella di materia data sia uguale al cubo  $b^3$ , il lato del quale b si può prendere di qualunque piccolezza. La retta d, che può essere di qualsivis grandezza, ma non infinitesima, esprima il diametro, che devono avere i pori da interporli alle parti della materia. Esprimano il numero delle volte, che la linea d entra nell'AB, avremo  $nd = AB$ , e perciò  $n^3 d^3 = \overline{AB^3}$ . Si divida lo spazio dato in tanti piccoli cubi, ciascun lato de' quali sia d; il numero de' cubi contenuti in questo spazio farà  $n^3$ . Si rappresentino questi cubi per gli piccoli spazj e, f, h, g. La particella  $b^3$  si divida in tante parti, quante sono rappresentate dal numero  $n^3$ , e in ciascuno di questi spazj cubici e, ec. si metta una di queste parti; tutta la particella  $b^3$  sarà diffusa per lo spazio

Tav. 31.  
Fig. 6.

cubico dato il cui lato è la linea AB. Ciascuna di queste particelle dividendola in minori venga a formare tante piccole sfere e, f, h, g, che tocchino i lati di questi piccoli spazj cubici e, f, h, g, i diametri di queste sfere saranno tutti uguali alla linea d secondo la costruzione; ma queste sfere tutte si toccano; dunque la particella data b<sup>3</sup> si è diffusa nello spazio dato, e l' occupa tutto, senza che gli interstizj, o pori, che sono tra queste parti minime, superino in diametro la linea data d; come far si dovea.

1117. La particella b<sup>3</sup> può essere qualunque porzione dello spazio dato, e può avergli qualsiasi ragione; perciò se dopo averla distesa in questo spazio, come ora insegnammo, torni di nuovo a ristringerfi, e non vi si lascino pori, avremo con far questo un altro metodo, e perciò una nuova proposizione, che è la seguente. *Si può dare un corpo, la cui materia condensandosi, cosicchè non vi restino più pori fra mezzo, lo spazio, che questa materia addensata occupa, sia una porzione qualunque del primo luogo, che occupava.* Un caso simile avremmo nell'aria, che sebbene occupi lo spazio vastissimo, che è intorno la terra, per l' innumerabile quantità di voti, che contiene, ciò non ostante addensandosi, e rendendola solida più dell'oro, e il diamante, potrebbe occupare una piccolissima parte del primo spazio, e per lo contrario colla prop. del §. 1116. si spiega come l'aria, quantunque occupi un vastissimo spazio, ciò non ostante può avere una piccolissima massa, o solidità.

1118. Col beneficio de' pori, e delle proposizioni precedenti si dimostra, *che possono darfi due corpi d' ugal volume, e materia qualunque diversa, e pure le somme de' pori in amendue siano quasi uguali.* Siano due corpi A, B, e il primo A contenga 10000. volte più materia, che B. La materia di A si restringa in uno spazio senza pori, e sia questa  $\frac{1}{10000}$  d' un dito cubico, il che si può fare per gli §§. precedenti, se la materia di B anch' essa si addensi in uno spazio senza pori, occuperà solamente  $\frac{1}{10000}$  parte dello spazio occupato da A. Ma  $\frac{1}{10000}$  di  $\frac{1}{10000}$  di dito cubico ridotta a frazione semplice, fa  $\frac{1}{100000000}$  di dito cubico; dunque sarà questo lo spazio, in cui è ristretta la parte B, e il restante dello spazio sarà voto, onde in questa vi faranno  $\frac{99999999}{100000000}$  di pori. Nello spazio occupato da A, che è  $\frac{1}{10000}$  di dito cubico, vi faranno  $\frac{99999999}{100000000}$  di pori. Riducendo questa frazione al denominatore dell' ultima, tra-

verc-

veremo, che i pori di A faranno  $\frac{99999999}{100000000}$ , il qual numero è poco diverso da quello de' pori di B.

1119. *Fluido* si dice quel corpo le cui parti sono così insensibili, che non si vedono, e così poco coerenti, che appena urtate si muovono. Un vaso pieno di farina non si dice pieno di fluido, perchè le sue parti si vedono, ed essendo irregolari, non facilmente si muovono. Il sangue si giudica un fluido ad occhi nudi guardato, perchè le sue parti non si distinguono; ma veduto col microscopio, comprendo un composto di globetti rossi nuotanti in un fluido trasparente come l'acqua, allora lo concepiamo mezzo fluido, e mezzo solido, la stessa idea formiamo del sangue, dopo che s'è congelato in un vaso, e la sua parte rossa è separata dal siero. Il ghiaccio quantunque sia composto delle stesse parti, che l'acqua, ciò non ostante si giudica solido per la coesione accidentale delle sue parti. Se avessimo i sensi più squisiti, come i piccoli animali, giudicherebbimo molti corpi molli, come la cera, e il mele corpi solidi, per la loro forte coesione rispetto a nostri sensi assai delicati. Questa è l'idea de' fluidi, che riceviamo dalla esperienza.

1120. Oltre i fluidi distinguono comunemente ancora i *Liquidi*, e gli *Umidi*. Si dice corpo liquido quello le cui parti si compongono a livello, come l'acqua posta dentro un vaso, ma non tutti i fluidi ciò fanno, per esempio la fiamma, e il fumo, e l'aria sono fluidi, e non liquidi. Umido chiamano quel corpo le cui parti s'attaccano tenacemente alla superficie degli altri corpi; Così l'acqua inumidisce la carta, i panni ec. Questa distinzione però non porta con se alcuna cosa di reale ne' fluidi, ma è una relazione, che si fa dello stesso fluido a corpi diversi. La fiamma, e il fuoco perchè meno pesanti dell'aria, non sono liquidi rispetto a questa, ma posti dentro una campana di vetro, rotandola d'aria s'osserva che il fumo è liquido, perchè si compone a livello, formando nella campana una superficie piana; così ancora l'aria è liquida, perchè è diffusa per tutto ugualmente a proporzione della sua densità a diverse distanze da terra. L'olio, che posto dentro un vaso è liquido, perchè forma una superficie piana, se sopra vi s'infonde dell'acqua non è più liquido, mentre come più leggero sale per essa; quando ha occupato la sua superficie, torna di nuovo ad esser liquido. Lo stesso si deve dirè dell'umidità, che nasce da un'abbondanza d'attrazione tra le parti d'alcuni corpi. L'acqua è umida ri-

spetto alla carta, non umida rispetto all'olio, e alle piume degli animali, ai quali corpi non s'attacca, se non che quando è calda, cioè quando le sue parti sono spinte da quelle del fuoco, e infinate ne' pori dell'olio. Il Mercurio rispetto a noi non è umido, se non viene con forza spinto ne' pori del nostro corpo; è umido però rispetto al piombo, a cui naturalmente con forza s'unisce. Dalla liquidità, e umidità ricaviamo, che i fluidi non tutti sono composti dello stesso numero di parti.

1121. I fluidi altri diconsi *Magri*, altri *Pingui*; i primi sono quelli, che hanno una piccolissima coerenza come l'acqua, e gli spiriti cavati dalle piante, i secondi l'hanno più sensibile, come sono tutte le specie d'olj. Che i fluidi pingui, anzi i corpi solidi stessi possano mutarsi in magri, lo dimostrano le seguenti.

1122. *Osservazioni.* Il bianco dell'uovo è un fluido pingue, ma se dentro un vaso largo s'agiti con un cortello, s'affottiglia, e cangiassi in spuma. Il sangue è un fluido grosso, ma passando per gli minimi vasi del corpo si muta in linfa, e in un fluido ancora più sottile. Gli olj se più volte si distillano, vestono la natura dello spirito simile a quello, che s'estrae dal vino. L'olio, che si cava dalla cera, è come un buttiro, ma più volte distillato s'affottiglia prodigiosamente. Tutte le specie di sali, prima ben seccati al fuoco, poscia distillati per la storta col terzo di polvere di mattoni danno uno spirito penetrantissimo. Così si fa dal nitro la miglior acqua forte, dal sale comune l'acqua regia. Lancelot fece per sei mesi pestare in un mortaio di porfido l'oro, e lo vide cangiato in acqua. Questa sperienza posta in dubbio da molti confermò il celebre Chimico Guglielmo Omborgio nato a Baravia nell'Isola di Giava al 1652. in più luoghi delle memorie dell'Accademia Reale; insegnando il modo di sciogliere ogni metallo in fluido perfetto, pestandolo con l'acqua per lungo tempo. Lo stagno distillato col mercurio sublimato si cangia in uno spirito volatile. Se ugual porzione di solfo, sale ammoniaco, e calce viva mischiati si distillino, si mutano in uno spirito penetrantissimo. Tutte le parti de' fluidi quando si corrompono cangiansi in un fluido. Il cibo degli animali quantunque solido si muta nello stomaco in una bianca sostanza detta chilo, colla semplice azione delle fibre dello stomaco, detta da Medici *triturazione*, e questo poscia passa in latte, sangue, fiero, e linfa. Tutte le piante distillate si cangiano in acqua, spirito, olio sottile, e pingue, lasciando poche ceneri, o parti dure.

1123.  *Osservazioni.* I fluidi per lo contrario spesso volte si mutano in solidi, così l'acqua passa ad essere ghiaccio; e la stessa introdotta nelle piante si consolida con esse. Il sangue forma la carne, le membrane; e le ossa degli animali. Le foglie dei mori mangiate da' vermi di seta, si mutano in seta; il cibo de' ragni forma la loro tela. Il Mercurio posto dentro una caraffa di vetro, e molto agitato si cangia in una polvere nera. Boerrave dopo avere distillato cento volte in vasi puliti il mercurio lo cangiò tutto in una polvere rossa, la quale poi esposta ad un violentissimo fuoco, non tornò che in parte il mercurio. Lo spirito di vino mischiato con quello d'urina in un momento si coagula in un corpo solido, come il corno, detto *Offa Elementiana*. L'olio d'olive, lo spirito di vitriuolo, e di vino rettificato, se si distillano, si mutano in parte in un corpo duro, solido, e pesante, che più non può risolversi. Molt'altre esperienze si ricavano da' libri chimici.

1124. Un fluido adunque può assottigliarsi, e un solido per l'attenuazione delle parti diventar fluido, e per lo contrario acquistando coerenza le parti d'un fluido possono diventare un corpo solido. Da tutte queste osservazioni sempre più si ricava la vera natura de' fluidi secondo la definizione da noi data, e che le loro parti sono di natura diversa, e di figura curva, acciocchè sia piccola la loro coerenza. Che tale sia l'esterior forma delle parti de' fluidi, ne siamo in oltre convinti da molte altre.

1125.  *Osservazioni.* Il latte, il sangue, il siero esposti sotto il microscopio, e l'olio quando è congelato manifestamente dimostrano le parti sferiche, delle quali sono composti. Il fumo de' carboni raccolto con un vetro piano apparisce composto di moltissimi globetti. Guglielmo Dereham esponendo il fumo dell'acqua ad un raggio di sole, ch'entrava dentro una camera oscurata, vide le parti dell'acqua di forma sferica. Con questo metodo esaminando molti altri fluidi si troverà sempre lo stesso, se si eccettuano le parti eterogenee, che in essi nuotano, e delle quali s'imbevono i fluidi col passare vicini ai corpi solidi.

1126. Quantunque la maggior parte de' Filosofi per la natura de' fluidi non ricerchino altro, che le loro parti sieno sottilissime, di figura sferica, o curva, e atte al moto, ciò non ostante Cartesio pretese, che le parti de' fluidi debbano necessariamente essere in un continuo moto, che se cessasse diverrebbero corpi solidi. Questa sua  
opi-

opinione è una conseguenza della spiegazione, che dà della durezza de' corpi, la quale come abbiamo veduto fa consistere nella quiete delle loro parti. Quantunque i fenomeni dimostrino evidentemente, che pochi sono i fluidi, ne' quali non v'è un moto interno delle loro parti; perchè tutti sono continuamente esposti all'aria, e al fuoco, che dimostreremo nella Fisica particolare esser per tutti i corpi diffuso; ciò non ostante pretendiamo, che alla natura de' fluidi non si ricerchi l'attuale continuo moto, di modo che un fluido rimarrà tale, se bene le sue parti non si muovono attualmente. Deve qui notarsi, che noi parliamo de' veri fluidi, non di quei, che per accidente son tali, come i metalli al fuoco esposti, che dal moto delle particelle del fuoco essendo tenute in agitazione la loro parti, vestono la natura de' fluidi per qualche tempo.

1127.  *Osservazioni.* I. L'acqua chiusa in una sfera d'argento, colla stessa materia saldata al fuoco, e compressa sotto il torchio, dovrebbe mutarsi in un corpo solido, perchè colla valida compressione perderebbe tutto il moto. Ma l'esperienza fatta dagli Accademici Fiorentini dimostrò il contrario, essendo l'acqua rimasta fluida, quantunque per la forte compressione sofferta fosse stata obbligata ad uscire da pori dell'argento. II. S'espunga l'acqua, il latte, o altro fluido ad un microscopio in tempi di notte, quando l'aria non è agitata dalla luce, non si distinguerà in essi alcun moto. III. Si sciolgano nell'acqua varie polveri di sottiliezza, e peso diverso, lasciandole riposare in un luogo quieto, tutte occuperanno un sito nell'acqua alla loro gravità conveniente, nè s'osserverà alcun moto nelle medesime. IV. Quest'idea de' fluidi è contro alla loro natura, dalla quale abbiamo ricavato, che la loro pressione s'esercita da per tutto ugualmente, e perciò quantunque siano in uno sforzo uguale di muoversi, ciò non ostante attualmente non si muovono.

1128. Una nuova opinione intorno a' fluidi posero in campo i più moderni Cartesiani, tra i quali *Mulier*, e *Gamaehes* nella dissert. 5. dell'Astronomia Fisica. Pretendono, che le parti de' fluidi siano attualmente divise in infinito, specialmente quelle dell'etere; di modo che non abbiamo alcuna figura determinata. L'attuale divisione ripugna, come abbiamo osservato parlando della divisibilità. A questo s'aggiunge, che tutto il fluido, e le parti avrebbero la stessa natura, perchè la figura loro dipenderebbe, come quella del tutto, dal vaso, in cui si contengono. Inoltre tutti i fluidi farebbero della ste-

## CAPO III. DEL CALDO, E DEL FREDDO. 423

fa natura. Di più il fluido, che è esteso, nascerebbe da quantità non estese. Ed è così osserveremo ancora parlando dell'etere Cartesiano.

### C A P O III.

#### *Del Caldo, e del Freddo.*

1129. **I**L Caldo vien prodotto da quel corpo, che si chiama *Fuoco*, e questo o è il Sole, o il fuoco artificiale. Che il caldo consista in un moto di parti, non ha bisogno di dimostrazione, osservando tutto giorno, che alcuni corpi indurisce, altri fa svaporare, altri accende e riduce in cenere, tutti i corpi rarefa ec. Ma non ogni moto produce il caldo, così osserviamo, che l'acqua agitata regolarmente, e alcuni venti son freddi, qual moto si ricerchi lo dimostrano quelle ch' esporremo

1130. *Osservazioni.* Tutti i corpi, ma specialmente i duri, e scabri nella loro superficie stroppicciandosi insieme si riscaldano, e ancora s'infiammano; così al riferir di Gio: Melchior Verdries nella sua *Fisica stampata a Gessa nel 1735.* parte generale Cap. 6. §. 1. cingendo un albero con una corda i rustici in Germania, con istrofinarla al tronco per qualche tempo fanno, che concepisca la fiamma; e ciò tengono per antica superstizione come osserva Giovanni Reiskio nella dissertazione di questo fuoco stampata in Tedesco. Quando si batte un chiodo dentro un leguo, e truova una resistenza insuperabile, che non può più andare avanti si scalda. Una sottile asta di ferro piegata, e ripiegata concepisce calore, così ancora quando colla lima si logora il ferro, amendue si scaldano, il succhiello bucando il legno fa lo stesso effetto. Tutti questi moti sono celeri, e perturbati; dunque un moto consimile deve esser quello, con cui si muovono i corpi, che sono caldi. Ciò si conferma dall'osservare tutte l'effervescenze calde come quella della calce viva coll'acqua, della limatura di ferro, solfo e acqua impastati e di molte altre, che riferiremo parlando del fuoco; in tutte s'osserva un moto *celere, e perturbato*. Da queste due considerazioni nasce la terza, che debba esser ancora un moto *vibratorio*. Perchè quando le parti con velocità confusamente si muovono, devono vibrarsi per ogni direzione. Lo stesso conferma Roberto Boyle nella dissertazione *de Mechanica productione caloris* portando molte altre osservazioni.

1131. Ma sebbene questo sia il moto, con cui sono agitati i corpi caldi, ciò non ostante non tutte le parti de' corpi sono atte a questo moto, come apparisce dall' osservare, che l' acqua, benchè s' agiti perturbatamente per lungo tempo, si scalda, ma non arriva mai a concepire la fiamma, dove che altri corpi benchè meno agitati s' accendono. Cartesio co' suoi seguaci pretendono, che il caldo dipenda dalle parti de' corpi poste in agitazione confusamente dalla materia sottile. Gli Epicurei per lo contrario, e i Gassendisti, e con questi i Newtoniani giudicano, che in natura si diano alcune parti minime, facilissime a muoversi, ed elastiche, che dicono *atomi di fuoco, o parti calorifiche*, le quali per tutto sono disperse, e pongono in agitazione le parti de' corpi, quando s' uniscono in gran copia in qualche luogo; per lo contrario le parti de' corpi colla loro resistenza non essendo così atte al moto, accrescono l' elaterio di questi atomi, e in questa maniera il fuoco si produce, e s' aumenta. Che si diano realmente queste parti lo determineremo parlando della natura del fuoco.

1132. Avendo dimostrato, che il calore consiste in un moto determinato delle parti de' corpi, possiamo per mezzo delle leggi dinamiche, e de' teoremi del moto spiegarne non pochi fenomeni. I. Quanto più duri sono i corpi, tanto più difficilmente si scaldano, ma concepito una volta il calore, lo conservano lungo tempo, e questo è maggiore, che ne' corpi meno duri, e più rari. Perchè il moto è più difficile a introdurlo in un corpo di maggior massa, che in uno di minore a motivo della maggior resistenza, che fa; ma una volta introdotto il moto, è maggiore, dove è maggiore la massa, e si conserva più tempo per la maggior forza d' inerzia. II. Si spiega perchè un corpo caldo posto vicino ad un freddo lo scalda, ed egli in tanto si raffredda, secondo le leggi dinamiche. Questa comunicazione sarà più pronta, quanto più piccole sono, e più sciolte le parti del corpo, a cui si comunica il caldo; perchè il calore consistendo non nel moto di tutto il corpo, ma delle sue parti, quando le parti del corpo freddo si insinuano in quelle del caldo, più facilmente ne ricevono il moto. Onde si spiega perchè un ferro lasciato all' aria libera si raffredda, ma ciò fa più prontamente, se si ponga nell' acqua, essendo le parti di questo fluido più solide, e più penetranti, che quelle dell' aria; nè ciò deve recar meraviglia; perchè quelle dell' aria non passano per la carta, lo che fanno quelle dell' acqua,

come

come osserveremo parlando di questi corpi; per lo contrario più difficilmente perde il suo moto, posto nell'arena, per la grossezza delle parti di questa. III. si rende ragione della rarefazione, o dilatamento prodotto dal fuoco in tutti i corpi, che dimostreremo a suo luogo, della evaporazione, effervescenza ec.

1133. Il *freddo* producendo effetti contrarj a quelli del caldo, non consisterà in altro, che in una cessazione dal moto celere, e perturbato, o privazione degli atomi del fuoco, e questo si chiama *freddo assoluto*; oppure nella diminuzione di questo moto, o delle particelle calorifiche, e questo si chiama *freddo relativo*. Ciò si deduce dalle seguenti.

1134. *Osservazioni*. In quei luoghi, e ne' corpi, dove è il freddo, tutte le loro parti sono quiete, e son torpide; così osserviamo ne' paesi di montagne, e settentrionali in tempo d'inverno, e spirando venti boreali. Quando in un corpo manca il moto, tosto si raffredda. I corpi più pesanti, e perciò più inerti al moto sono ancora più freddi, come i metalli, e le pietre, de' corpi meno pesanti come l'olio, la lana, e i legni. La notte è più fredda del giorno, se qualche causa esteriore non cangia l'aria notturna. Il freddo constipa tutti i corpi, come il caldo li rarefa. Che il freddo condensi tutti i corpi, lo dimostrano queste.

1135. *Osservazioni*. Il fuoco, come dimostreremo, dilata qualunque corpo, onde il freddo deve rarefarli. Un tubo di ferro lungo 12 piedi s'accorciò in un freddo intensissimo, come riferiscono i Giornali de' Saggi al 1667. tomo 11. lo stesso osservarono accadere negl' istromenti astronomici Perrault, e Cassini. Boile nelle sue Opere, Boerrave nella Chimica, e Musschenbroek nel saggio di Fisica più sperienze riferiscono della condensazione prodotta ne' corpi dal freddo. Prese Boerrave una sfera di vetro, a cui unì un tubo della stessa materia, empiutala d'un liquore colorito, e posta in un liquore freddo, osservò, che il fluido di dentro sul principio saliva, indi scendeva ristringendosi sensibilmente. Lo stesso nota il Wolfio nella dissertazione della natura del freddo, e de' suoi effetti, e molti altri. Non può il fluido salire se non si restringe la capacità del vaso; dunque la palla di vetro, che fu prima a sentire il freddo, fu ancora la prima a condensarsi, perciò il liquore salì; ma quando lo penetrò il freddo, si ristrinse come tuttigli altri corpi.

1136. Da quest'idea del freddo ricavata dalle sperienze possiamo dedurre la spiegazione di molti effetti da esso prodotti. I. il moto

diretto come è quello de' venti boreali produce il freddo, perchè dissipa le parti calorifiche, che sono ne' corpi, o diminuisce il moto celere, e perturbato. Se ciò lo faccia il semplice urto diretto, o si ricerchino parti determinate in natura per questo effetto, si disaminerà in appresso. II. La costipazione de' corpi nasce dalla cessazione del loro moto dilatatorio, da cui essendo agitate non possono esercitare la loro forza attraente. III. Si spiega l'orrido stato della terra, e delle campagne ne' luoghi freddi, e la meno orrida comparsa, che fanno ne' luoghi di clima temperato.

Tav. 28.  
Fig. 3. 1137. Quantunque le continue osservazioni dimostrino, che non v'è corpo in natura, che dal freddo non sia condensato; ciò non ostante l'acqua nel massimo freddo si trova rarefatta. Primo di tutta ciò osservare fu il Galilei, come apparisce da suoi dialoghi, e lo confermarono con replicate sperienze gli Accademici di Firenze, come si osserva nel Libro intitolato *Tentamina Acad. Cimentina* coll'aggiunte di Musschenbroek.

Tav. 28.  
Fig. 3. 1138. *Esperienze*. Riempirono d'acqua il vaso d'argento ABC a forma d'un cono senza punta, e chiusolo col coperchio AB fatto a vite, lo circondarono di ghiaccio. Dopo qualche ora estraendolo, osservarono nel coperchio B molte aperture, dalle quali era uscita l'acqua di dentro congelata. Formarono la sfera ACB d'argento, la cui

Tav. 31.  
Fig. 7. grossezza uguagliava la grossezza d'un filippo, questa era composta di due emisferj da chiudersi a vite in AB, e del collo col coperchio C fatto a vite, per cui si riempieva tutta esattamente d'acqua. Ciò fatto, e immersa la nel ghiaccio, dopo alquante ore estraendola, non la trovarono rotta, benchè l'acqua di dentro fosse congelata. Sospettando, che per la vite fosse potuta uscir l'acqua, riempitola di nuovo, e posta nel ghiaccio lasciando la vite AB di fuori, osservarono dopo qualche tempo, che l'acqua sibilando di là usciva. Onde tornatala a chiudere adoperando cera nella vite, e riempitola di nuovo, ben coperta al di fuori di ghiaccio, dopo qualche tempo osservarono la vite rotta come la figura dimostra, aperto il vaso, e l'acqua congelata. Lo stesso accadde con una sfera d'ottone, alla quale avendo fatto col tor-

Tav. 31.  
Fig. 8. no un' incisione in giro, per quivi poterla aprire dopo la congelazione, trovarono aperta la sfera, dove era fatta quest' incisione. Adoperando la boccia di cristallo ED piena d'acqua, e chiusa ermeticamente in E, la trovarono tutta spezzata come già si dimostra. Tentando la stessa cosa con una sfera d'oro, che avea tre pollici di diame-

tro, e la sua parte inferiore l'avea un poco piana, cosicchè potea star dritta da per se sola, dopo estratta dal ghiaccio non l'osservarono rotta, ma perfettamente tonda, di modo che ora non potea più reggerli sopra un piano. Pensarono, che non si fosse rotta per la durezza, che ha l'oro, ma per restar convinti, che nel congelarsi l'acqua, ancora questo vaso si dilatava, formarono un anello d'ottone, per cui passava esattamente la sfera, e s'accorsero, che dopo essere stata qualche tempo nel ghiaccio, non poteva più passarvi. Ripetendo più volte l'esperienza sempre collo stesso successo, finalmente si dilatò tanto, che s'aprì la sfera, dove era saldata ad argento.

1139. *Esperienze.* L'Ugenio agli 8 di Gennajo del 1667. che era un freddo intensissimo espone la notte una canna d'archibuso piena d'acqua, e otturata con vite, e coperta di piombo liquefatta, la mattina si rompe con strepito considerabile; come riferisce Du Hamel nell'Istoria dell'Accad. Reale lib. 1. sez. 2. c. 1. §. 1. Lo stesso confermò Buozio adoperando un tubo di ferro grosso un dito, che dopo 12 ore si rompe in due luoghi, come lo stesso Autore di sopra, nel lib. citato riferisce sez. 7. c. 3. §. 1. Musschenbroek empì d'acqua calda una caraffa di vetro, acciocchè non vi fosse dentro alcuna particella d'aria, e perfettamente otturandola l'espone al freddo de' 12. Dicembre nel 1730. in tempo di notte, e dopo due ore si rompe; ciò ripeté più volte.

1140. *Esperienze.* L'acqua congelata de' Fiorentini, e quella priva d'aria di Musschenbroek poste nell'acqua della stessa natura nuotavano in esse, meno però la prima della seconda. Quest'ultima differenza avea già notato Carlo Renaldini d'Ancona nelle Transazioni d'Inghilterra num. 72. Che tutto il ghiaccio nuoti, e perciò sia più leggiero dell'acqua, con molte altre sperienze hanno confermato l'Hauksbee nell'Appendice alle sperienze Fisico-Meccaniche, Fahrenheit nelle Transazioni Inglesi num. 382. e Ambergero negli Elementi di Fisica cap. 10. Onde per mancanza di qualche circostanza Ombergio provò il contrario nelle Memorie del 1693.

1141. Si può adunque stabilire sicuramente con queste osservazioni, che l'acqua, quando è esposta ad un massimo freddo, si rarefa, e dilatandosi acquista una forza considerabile; perchè secondo il computo di Musschenbroek nelle Dissertaz. Fisiche per superare la coesione de' metalli, si ricercano lib. 27720. e tanta forza appunto doveva aver l'acqua nel rarefarsi. Quindi non è maraviglia, che

ne' gran freddi, e ne' Paesi Settentrionali, si spezzino le muraglia; e si sollevino le case da fondamenti, come leggiamo nelle Storie Naturali essere alle volte accaduto, si spacchino gli alberi ec. L'acqua, che dentro questi corpi si truova, produce tutti questi effetti nel rarefarsi col freddo. Prima di render ragione di questa dilatazione straordinaria dell'acqua, è necessario notare ciò, che gli Accademici di Firenze osservarono in ciascuna congelazione, esponendo l'acqua in vasi di vetro a raffreddarsi.

1142. *Osservazioni.* I. Notarono lo stato naturale dell'acqua, o l'altezza, a cui era nel voto prima di sepellirla nel ghiaccio. II. Il salto, che fa nell'immergerla, salendo l'acqua, tosto che il vaso si espone al freddo, e ciò per lo §. 1135. e per la ragione ivi assegnata. III. La discesa dell'acqua, che dopo qualche tempo cala nel vaso; ciò conferma quello, che di sopra §. 1135. abbiamo osservato, che il freddo condensa tutti i corpi, e perciò ancora l'acqua, onde la sua dilatazione deve nascere da qualche causa accidentale. IV. La quiete, perchè l'acqua dopo esser discesa, si ferma così per qualche tempo. V. La salita della medesima; osservandosi poco dopo l'acqua salire con moto equabile. VI. Per ultimo il salto della congelazione, a motivo che l'acqua nell'atto di congelarsi sale rapidamente.

1143. Per render ragione dello spezzamento de' vasi prodotto dall'acqua non tutti ammettono la rarefazione di questa, ma pretendono molti, che l'acqua, e il vaso si condensino, e trovando le parti dell'acqua solide, e resistenti, si spezzino. Ma questa spiegazione non può sussistere costando dalle sperienze di sopra, che i vasi si dilatano, e di più dal 1140. che l'acqua stessa si dilata. Essendo dunque fuor d'ogni dubbio la rarefazione dell'acqua, e del vaso, molti altri per spiegarla sono ricorsi all'elaterio dell'aria racchiusa, il che però è contrario alle esperienze fatte dal Musschenbroek §. 1139. Resta adunque la terza opinione, che la rarefazione accidentale dell'acqua nasca da alcune parti in questa introdotte col freddo, le quali facendola fermentare la dilatino. Questo appunto è il parere di Musschenbroek, che è molto conforme all'osservazioni, e primieramente è evidente, che nell'acqua congelata, o nella neve si dia un'effervescenza.

1144. *Osservazioni.* Le particelle saline come sono le nitrose, che ajutano la congelazione, se si pongono sopra la neve la sciogliono. Quando si forma il ghiaccio, e dopo formato, continuamente manda fu-

no e diminuisce di peso; così ancora quando per gelar le acque per la state sopra la neve si pone il sale comune, manda questa un densissimo fumo. Ciò fu osservato dal Mariotte, Perrault, da Hamel, e Gauteron nell' Istoria dell' Accad. Reale del 1709. Stefano Hales nella Statica de' Vegetabili esper. 19. dimostra, che il ghiaccio svapora più in tempo d' inverno, che l' acqua nel tempo di mezzo tra la state, e il verno. Lo stesso conferma il Musschenbroek nell' aggiunta all' esper. 9. dell' Accademia del Cimento. Questo fumo, e svaporamento non può accadere nel ghiaccio senza un interno moto, o effervescenza delle sue parti; dunque l' acqua congelata attualmente fermenta, e perciò ha in se un principio d' effervescenza.

1145. Da questo dedurrà qualche duno poco pratico delle operazioni maravigliose della natura, che se questo fosse vero, l' acqua congelata avrebbe in se del calore, e perciò non sarebbe il corpo più freddo di tutti. Ma in primo luogo dall' effervescenza del ghiaccio non si può dedar questo; perchè si danno moltissime fermentazioni, le quali son fredde, come dimostra il liquore del termometro, che sale, se tra esse si ponga; così accade mischiando l' olio di vitriuolo col sale ammoniaco, o il sal volatile d' urina. In secondo luogo non è l' acqua congelata il corpo più freddo di tutti, imperciò siano le seguenti

1146. *Esperienze.* Fahrenheit nel 1729. in cui era una rigida invernata immerse un termometro, o tubo pieno per metà di mercurio nella neve sminuzzata, e s' abbassò questo all' ultimo grado del massimo freddo fin allora conosciuto, che sulla tavola del termometro è notato col zero. Sopra la neve pose due once di spirito di nitro, dalle quali si sciolse la neve, e il mercurio s' abbassò 4 gradi sotto il zero. In un altro termometro simile ponendo sopra la neve 7 once di spirito di nitro, s' abbassò il mercurio 14 gradi sotto il zero. Indi buttandoci dell' acqua, e nuovo spirito fecele 29 gradi più in giù; e finalmente fino a 40 gradi più infotto. La stessa sperienza ripeté il Musschenbroek a' 17. febbrajo del 1731. Dunque il ghiaccio, e la neve non sono i corpi più freddi in natura, come prima di queste sperienze hanno tutti supposto; ma si dà ancora un freddo maggiore di quello che avea sperimentato Boerhaave tom. 1. della Chimica dopo l' esper. 4. del fuoco, adoperando l' alume. Oltre queste sperienze fatte intorno l' effervescenza, e natura del ghiaccio conviene el porne dell' altre prima, che dimostriamo l' introduzione di quelle particelle saline, che in esso producono la rarefazione.

1147. *Esperienze.* Notano i Fiorentini, e il Musschenbroek, che la densità dell'acqua è a quella del ghiaccio, come 25: 28  $\frac{1}{2}$ . Osservaron di più, che la densità del ghiaccio prodotto dalla natura è maggiore di quella dello stesso formato coll'arte. Questa ragione, che hanno le densità dell'acqua, e del ghiaccio deve servire d'una regola, che prossimamente s'accosta alla vera; dipendendo dalla diversa qualità dell'acque, dal clima, e dal tempo, in cui si fanno l'esperienze il trovarla, come ora l'abbiamo determinata. Onde Oookio la stabilisce come 25: 28  $\frac{1}{7}$ , secondochè osserva Dereham; Roberto Boyle nella Storia del freddo, come 25: 27  $\frac{1}{2}$ ; Mairan nella Dissertazione del ghiaccio come 25: 26  $\frac{1}{4}$ ; e a lui si sottoscrive Schwedenborgio ne' Principj naturali. Così ancora Des Masters nelle Transaz. Inglese num. 245. 247. provò, che la densità dell'acqua di pozzo è a quella del ghiaccio di essa come 25: 28  $\frac{1}{2}$ ; ma in altro tempo trovò la stessa, come 25: 28  $\frac{1}{2}$ ; e cuocendola prima, come 25: 27  $\frac{1}{4}$ ; nell'acqua di fiume, come 25: 27  $\frac{1}{2}$ .

1148. *Esperienze.* Quando l'acqua si muta in ghiaccio deponendo al fondo del vaso le parti eterogenee, che sono più pesanti di essa. Sebbene ogni Sale posto sulla neve, o sul ghiaccio la scioglie, ciò non ostante per relazione di Mairanno non tutti i sali la sciolgono colla stessa prontezza. Un pezzo di neve, sopra il quale pose il sale comune, si sciolse in ore 1, min. 5; un uguale coperto di nitro dopo ore 2; un uguale senza sale dopo ore 5  $\frac{1}{2}$ . Osservò inoltre Listero nelle Transazioni d'Inghilterra, che i sali sciolti nell'acqua ritardano il suo congelamento, ma non tutti nella stessa maniera. Il nitro comune poco l'impedisce, più il nitro d'Egitto, e molto il sale di mare; cosicchè la Muria del sal marino è difficilissima a congelarsi. L'alume rende ancora più difficile la congelazione. Le stesse osservazioni sono state ripetute dal Musschenbroek.

1149. Dimostrata l'effervescenza, che si truova nel ghiaccio, e nella neve, dalla quale nasce il suordilatamento, ed esposte l'altre osservazioni fatte su questi corpi, resta ora, che determiniamo per mezzo delle sperienze la cagione di questa effervescenza; e nel tempo stesso quella, che produce il congelamento, e il freddo ne' corpi. Il P. Casati Gesuita nel Trattato del fuoco dissertaz. 4. pretende, che il freddo nasca da particelle nitrose, e aluminose, che introdotte ne' corpi fermino le loro parti, e in tal modo li raffreddino. Il P. Daniele Bartoli della stessa Compagnia nel Trattato del Ghiaccio è di parere

tere, che la cagione del freddo, e dell'agghiacciamento nell'acqua sieno le parti acide del nitro. Cabeo nel Trattato delle Meteore chiama le parti, che producono il freddo, spiriti di sal nitro, De Charles però nelle sue Meteore non ne definisce la natura, quantunque ammetta per la produzione del freddo alcune parti determinate. Ramazzini nell'Efemeridi di Germania, centuria 1, 2, spiegando l'eccessivo freddo del 1709 dice, che queste parti sono di sal nitro. Con lui convengono secondo le osservazioni fatte il Fontenelle nell'Istoria dell'Accademia al 1710; De la Hire nelle Memorie matematiche, e fisiche; Tournefort nel viaggio d'Oriente; Billerez nell'Istoria dell'Accad. Reale del 1712; Giorgio Keine ne' Principj di Religione naturale, Teicmero nella Fisica al cap 9; Stairio nella dissertazione del freddo sofferto nel 1709; e Niewentit nel *Cosmoteoro*, che queste parti frigorifiche, le nomina *punte congelanti*, e *spiriti refrigeratori*. La loro esistenza così si dimostra:

1150. *Osservazioni*. Wolfio nell'Aerometria, Maraldo nelle Memorie del 1722, e Musschenbroek ne' luoghi citati hanno spesso osservato, che il liquore nel termometro era a gradi 32, cioè indicava il massimo freddo, e pure l'acqua non si congelava; spesso era sopra questo grado, e perciò denotava minor freddo, e l'acqua si congelava. Il Musschenbroek vide sovente in Olanda di Marzo, e Aprile, quantunque il giorno fosse stato mediocrementemente caldo, pure la notte seguente spirando Levante, o Tramontana essersi gelate l'acque delle fosse, e in altri tempi soffiando gli stessi venti, ciò non essere accaduto. Beal nelle Transazioni Anglicane num. 116. ha veduto alcuni tratti di terra gelati, mentre altri vicini non lo erano. L'acqua esposta di notte in un vaso grande, e aperto si gela, in una caraffa chiusa rimane fluida; lo stesso avea già osservato nel 1721 Fahrenheit, come riferisce nelle Trans. Inglesi num. 382. Niewentit avendo cavato per distillazione l'acqua dall'unghie di bove, tosto che aprì la storta, e che l'aria fredda vi penetrò, congelossi come un marmo. Spesse volte osservò il Musschenbroek, che nelle notti libere da venti, quantunque fredde, l'acqua delle fosse rimaneva fluida, al comparir del sole si congelava. Que' che viaggiano prima del levar del sole esperimentano, se la notte non è ventosa poco freddo sebbene di verno; un poco prima del suo nascere il freddo è intensissimo.

1151. *Esperienze*. Tournefort osservò in più luoghi della Persia, e Ar-

### 432 CAPO III. DEL CALDO, E DEL FREDDO.

e Armenia, come nella Città di Trabifonda, e in Erzeron, e nella Georgia, che sebbene il sole fosse assai caldo, e di Giugno, e Luglio, ciò non ostante v'era gelo; e pure alcuni di questi luoghi sono alla stessa elevazione di polo, che alcuni luoghi di Francia, Italia, Spagna, e Grecia, dove non v'è freddo così intenso. Esaminando il terreno di que' paesi lo trovò abbondantissimo di nitro. Ne' monti che dividono il Chili dal Perù, e hanno gradi 23, e 24 di latitudine v'è un freddo mortale, e osservò il Frezier nel suo itinerario Americano, che il nitro in que' luoghi è sopra terra all'altezza d'un dito. Per gelare presto l'acqua è necessario asperger di sale la neve, che la circonda. Dal Settentrione in Europa spirano i venti freddi, e le mura degli edificj, che sono rivoltate a questa parte si trovano abbondanti di nitro; non così accade a quelle, che guardano le altre parti del mondo. Si sa, che il nitro feconda le campagne, e s'osserva ancora, che i venti Boreali producono lo stesso effetto, e sono i più freddi di tutti.

1152. Da tutte queste osservazioni possiamo sicuramente conchiudere, che realmente si diano in natura alcune parti dette *frigorifiche*, le quali meno atte delle altre al moto, s'introducono ne' corpi, quando o da venti, o dal sole vi sono spinte, e vi producono il freddo, il gelo nell'acqua, ed una specie d'effervescenza, per cui si rarefa, dopo essersi prima condensata, come accade a tutti i corpi condensati dal freddo. Queste parti però devono essere estremamente sottili, acciocchè s'infinuino tra le minime parti, e ne fermino il moto. Quindi se i pori de' corpi si truovano occupati dalle parte grosse de' sali, difficilmente si congelano, come osservammo nel §. 1148.

1153. Dall'idea, che abbiamo finora data delle proprietà prime, e seconde della materia, per mezzo di replicate sperienze, e osservazioni fatte dagli Autori più accreditati, corredando il raziocinio colle verità Matematiche, possiamo formare una competente notizia della natura della materia. Quindi non ne sarà difficile, servendosi di queste verità già dimostrate, come di primi principj far passaggio nella seconda parte della Scienza della natura ad esaminare la costituzione de' corpi particolari di questo universo, i principj, e gli elementi de' quali sono composti, e a spiegare que' vaghi, e prodigiosi effetti, che tutto giorno veggiamo.

## I N D I C E

## DELLE MATERIE.

Pr. significa prefazione; il primo numero significa la carta.

Il secondo il paragrafo; v. significa vedi; seg. seguenti.

## A

**A**ccademia Consentina c. 196. 530. Accademia Imperiale di Berlino, di Pietro Burgo c. 196. 530.

Acqua sua forza d'inerzia in un bacino c. 80. 187. e seg.

Acqua v. freddo.

Algebra, o *Analisi sue Regole in breve* c. 122. 307. e seg. *Infinisimale* c. 138. 366. e seg.

Algebra, o *Analisi*, che cosa è pr. §. 3. universale se c'è pr. §. 21.

Anima vedi spirito.

Analogia che cosa è, suo fondamento c. 2. 3. regola per essa c. 3. 4.

Angolo del contatto, suoi paradossi c. 38. 81. soluzione d'essi c. 38. 84. e seg.

Animalletti ne' Latti del Merluzzo c. 48. 108. 109.

Anatomia, che cosa è pr. §. 6.

Affezioni secondarie c. 401. 1068.

Artiglieria c. 368. 978. e seg.

Aria preme a proporzione più un fanciullo, che un Uomo c. 71. 164.

Archimede c. 37. 78.

Arnaldo Antonio c. 12. 29.

Aristotele pr. §. 12

Aritmetica, che cosa è pr. §. 3.

Aerometria, che cosa è pr. §. 6.

Affioni Fisici di Roault, e Keill. c. 6. 15.

Astrazione pr. §. 18.

Astronomia che cosa è pr. §. 6.

Arti di Lipsia c. 163. 449.

Attrazione dimostrata c. 240. 620. e seg. Leggi dell'attrazione v. 255. 652. e seg. Determinarla c. 260. 664.

Azione e reazione sono uguali v. 107. 261. e seg. c. 109. 269. e seg.

## B

**B**aliani c. 147. 404.

Balistica c. 361. 961. e seg.

Barcolino c. 67. 156.

Barrovv. c. 37. 78.

Barbaro pref. §. 14.

Bayle Pietro, e sue obiezioni contro la materia c. 11. 26. e seg.

Bacone pref. §. 14.

Berkeley Giorgio c. 13. 30. suo idealismo c. 14.

32. suo forte arg. contro la materia c. 16. 33.

Bernoulli Giacomo c. 42. 92.

Torpo I.

Bernoulli c. 191. 518.

Boyle c. 46. 105.

Botanica che cosa è pref. §. 6.

Brucbero pref. §. 13.

Bruno pref. §. 14.

## C

**C**aldo, e sua natura c. 423. 1129. e seg. Effetti spiegati c. 424. 1132.

Calibro c. 368. 979.

Calamita, e ferro si tirano vicendevolmente c. 113. 277. 278.

Campanella pr. §. 14.

Cardano pr. §. 14.

Carrè c. 372. 993.

Cartesio pr. §. 15.

Celerità v. Velocità.

Claark c. 165. 452.

Clerc c. 93. 221.

Chimica, che cosa è pref. §. 6.

Crisolora pr. §. 14.

Creazione dal nulla dimostrata c. 43. 99.

Circolo è un poligono infinito c. 38. 84.

Crono suo argomento contro il moto c. 89. 210.

Cicloide e sue proprietà c. 355. 944.

Circostanze per far l'esper. pr. §. 26.

Composto assoluto, e relativo c. 17. 33.

Cono vedi scudella.

Cocciniglia c. 45. 103.

Composizione, e risoluzione del moto c. 156. 434. e seg.

Centro di gravità c. 265. 680. e seg. di percussione c. 359. 953.

Centro di moto, gravità, e grandezza c. 262. 670. e seg.

Corpi molli, determinare il lor moto c. 374. 1000. Elastici c. 380. 1017.

Coerenza assoluta, e relativa c. 407. 1084. e seg.

## D

**D**esio natural di sapere pr. §. 16.

Densità c. 415. 1113.

Divisibilità c. 18. 36. dell'estensione c. 26. della materia c. 30. 63. difficoltà contro essa c. 30. 64. e seg. Argom. matematici per essa c. 33. 68. e seg.

Divisione attuale infinita ripugna c. 31. 65.

Dinamica c. 372. 992. e seg.

Durezza c. 402. 1072. e seg. delle lagrime filosofiche c. 405. 1079. e seg.

Iii

## E

**E**ffetti della forza motrice c. 166. 455. e seg.  
 Elaterio c. 411. 1098. e seg. Causa della riflessione c. 412. 1102. e seg. Se si dia quiete c. 413. 1106.

Esperienze del moto composto equabile c. 153. 425. e seg.

Estensione v. voto.

Esperienze cautele per farle pr. §. 23. e seg.

Estensione pr. §. 3. sua natura c. 19. 17. e diversa dalla materia c. 20. 41. 42. e seg. proprietà diverse d'essa e della materia c. 23. 45.

Esperienza v. speranza.

Età diverse della Fisica pr. §. 9. e seg.

Evidenza Matematica, e Morale c. 2.

Euclide e sua scuola c. 38. 81.

## F

**F**antatismo c. 10. 21.

Fardella sua obiezione c. 10. 24.

Fenomeni, che sono pr. §. 22.

Fluidi, loro pressioni c. 308. 804. e seg. loro equilibrio ne' tubi Comunicanti c. 314. 823.

e se. Moto di quelli che escono da vasi c. 316. 830. e seg. Loro resistenza c. 326. 858. e seg.

Equilibrio con solidi c. 329. 871. e seg.

Fluidi loro natura, come si distinguono da liquidi ed umidi c. 419. 1119. e seg. Magri, e pingui c. 420. 1121. e seg. Loro figura c. 421. 1125. Se gli sia necessario il moto 1126.

Fisica v. scienza della natura.

Figurabilità c. 18. 36. c. 66. 152. e seg. matematicamente c. 69. 158. e seg.

Figura si trova nelle parti de' corpi c. 66. 154. e seg.

Forza di pressione, e di percussione c. 167. 459. e seg. Forza come si misura c. 168. 461. e seg. 467. e seg. Forza e moto sono lo stesso c. 172. 475. e seg. Obiezioni per provare, che sia Come il quadrato della velocità c. 174. 481. e seg.

Forza motrice limitata c. 115. 285. Forza de' Corpi c. 162. e seg. Forza viva, e morta c. 162. 448.

Forze centrali c. 387. 1031. e seg. Formole generali per esse c. 391. 1042. e seg.

Fonti v. Getti.

Freddo, e sua natura c. 425. 1133. e seg. Effetti 1136. effetti, che fa nell'acqua 1137. e seg. Parti frigorifiche c. 431. 1150. e seg.

Freind. c. 68. 156.

## G

**G**alileo pr. §. 15.

Gassendo pr. §. 15.

Geometria, che è pr. §. 3.

Getti naturali c. 320. 844. e seg.

Gilberto c. 223. 583.

Giaccio non è il corpo più freddo c. 430. 1146.

Sua densità a quella dell'acqua 1147.

Giornale Francese c. 163. 449.

Gravità c. 18. 36.

Grandi c. 44. 100.

Grandezza vera delle cose non si fa c. 52. 115.

Apparente perchè diversa c. 53. 117.

Gravità, e peso sono diversi c. 194. 526. Si trova in tutti i Corpi c. 194. 527. e seg. Tre sue leggi c. 198. 538. dimostrate c. 199. 539. e seg. difficoltà contro la prima legge c. 205. 549. e seg. Se divenga equabile c. 208. 556. e seg. Quanti piedi faccia descrivere a un Corpo in un minuto secondo c. 211. 562. Gravi cadono nel tempo stesso nel voto c. 213. 567. non è la stessa in tutti i luoghi della terra c. 217. 577. sua spiegazione c. 222. 582. e seg. Gravità assoluta, e specifiche c. 307. 802. e seg. Gravità specifiche di varj fluidi c. 332. 333. di varj solidi c. 334.

## H

**H**amel c. 36. 76.

Hartsocker c. 231. 596.

## I

**I**drografia, che cosa è pr. §. 6.

Idraulica c. 347. 919. e seg.

Illazione, come si fa dall'esper. pr. §. 27.

Immaginazione sua forza c. 9. 20. 21.

Impenetrabilità c. 18. 36.

Infinito sua idea c. 26. 51. assoluto, e relativo c. 29. 61. modo d'esprimerlo c. 43. 99.

Infinitesime parti che sono, e se si danno c. 27. 55. e seg. modo di esprimerle, e loro teoremi c. 43. 95. e seg.

Incommensurabili dimostrate c. 35. 74.

Inerzia si da, ed è proporzionale alla massa c. 79. 185. e seg. vedi acqua. Inerzia nella carrozza c. 82. 190. ne' pendoli c. 82. 191. Ne' corpi gravi cadenti c. 85. 196. ne' fluidi c. 84. 195. è anche in un corpo in moto c. 86. 201. è proporzionale alle forze innate de' corpi c. 86. 202. alla massa c. 87. 203. alla forza comunicata c. 87. 204. Vedi Resistenza. Inerzia non dipende dalla coesione c. 88. 207.

Ipotefide' Geometri ant., e moderni c. 37. 78.

Istromenti loro uso pr. §. 25.

Istoria de' Sapiienti c. 163. 449.

Istituto delle Scienze di Bologna c. 189. 515.

## K

**K**eplero pr. §. 15.

L

Legge Canonica, Civile, Criminale pr. §. 1.

Leggi della creazione, e della conservazione c. 106. 258. Tre leggi del Moto c. 107. 259. e seg.

Leg-

**Zeggerza** se si dia c. 195. 528. e seg.  
**Leibnizio** pr. §. 15.  
**Livellare** c. 322. 850. e seg.  
**Lok e suo saggio** c. 12. 29.  
**Logica**, che è pr. §. 1.  
**Luna è mossa dalla gravità terrestre** c. 215.  
 572. e seg.  
**Luogo che cosa è, assoluto, e relativo** c. 24. 48.  
**Lucrezio Caro** c. 21. 41.  
**Leewrvenboek** c. 48. 108.

## M

**M** **Alcibranche** ricerca della verità, e obiezioni contro la materia c. 9. 20. e seg.  
**Matematica**, sue parti pr. §. 3. necessità nella Fisica pr. §. 4. difficoltà contro di questa applic. c. 36. 76. e seg.  
**Massa**, e come il volume nella densità c. 121. 305. e seg. c. 128. e seg. **Cognizioni matematiche del moto, e della massa** c. 122. 307. e seg.  
**Materia sottile se si dia** c. 198. 537.  
**Macchine statiche semplici** c. 261. 668. c. 270. 692. e seg.  
**Macchine composte** c. 302. 787. e seg. **Autori**, che ne trattano c. 303. 790. **Uso delle Macchine meccaniche** c. 303. 791.  
**Materia che cosa è, quello che sappiamo di essa** c. 1. 1. sua esistenza c. 7. 17. e seg. **Obiezioni** c. 9. 20. e seg. **sempre estesa** c. 19. 38. 39.  
**Mente vedi Spirito.**  
**Metafisica** p. §. 1.  
**Meccanica** che è pr. §. 3. sua distribuzione antica, e moderna c. 95. 226. e seg. **Divis.** c. 96. 228.  
**Meteore** pr. §. 6.  
**Metodi dei Fisici** pr. §. 8.  
**Metodo ideale, e suo uso** pr. §. 16.  
**Metodo verisimile, e suo uso** pr. §. 19.  
**Metodo reale, e suo uso** pr. §. 20.  
**Melisso** contro il moto c. 91. 315.  
**Merfeno** r. 189. 516.  
**Memorie dell' Accademia Reale di Parigi** c. 191. 519.  
**Metallo composto, determinare i componenti** c. 337. 893.  
**Microscopio suo effetto** c. 19. 38.  
**Misure, come si debbono prendere** c. 51. 113. e seg. **due Metodi per comunicarle** c. 53. 118. e seg. **Diversità, e tavole per esse** c. 58. 130. **Spiegazione più copiosa delle medesime** c. 60. p. 131. e seg.  
**Minimi naturali** c. 37. 79.  
**Misura de' pesi diversi** c. 235. 602. e seg.  
**Monale teologica, umana** p. §. 1.  
**Monad: di Leibniz** c. 17. 34. non si danno

**Moto attuale** c. 18. 36. **sue diverse descrizioni** c. 92. 218. e seg. **sua natura** c. 97. 230. e seg. **Mobilità, e moro** c. 88. 208.

**Moto ciò che in esso si osserva di difficile** c. 97. 233. **Probabile spiegazione di esso** c. 98. 234. **Causa prima** c. 99. 235. **Sedura la stessa quantità** c. 99. 236. e seg. **Se sia essenziale, ed eterno** c. 100. 238. e seg. **Causa seconda di esso** c. 102. 242. e seg. **Causa del moto continuato** c. 103. 248. e seg. **Dipende dall' inerzia** c. 105. 254. e seg. **Moto v. leggi**.

**Moto sue varie specie** c. 114. 283. e seg. **Instantaneo è impossibile luogo cit. Sua quantità** c. 116. 287. e seg. **Absolute, e relativo** c. 117. 290. e seg. **Semplice, e composto; uniforme, e variabile** c. 120. 299. 300. e seg.

**Moto semplice uniforme** c. 129. 334. e seg. **Moto uniforme è come la massa nella velocità** c. 130. 336. e seg. c. 134. 350. e seg. **Moto semplice variabile, e uniformemente accelerato** c. 135. 359. e seg. c. 140. 377. e seg. **Moto variabile, e uniformemente accelerato** c. 146. 399. e seg.

**Moto composto, e sue leggi** c. 147. 407. **Moto composto equabile come si misura** c. 152. 421.

**Moto composto variabile** c. 159. 440. e seg. **Per una Parabola** c. 160. 444. **Per un circolo** c. 161. 445. **Per una logaritmica** c. 161. 446.

**Moto per lo piano inclinato** c. 289. 749. e seg. **Monete, determinare se sono legittime** c. 337. 892.

**Mollezza** c. 410. 1095.

## N

**N** **Newton** pr. §. 15.  
**Neve V. Ghiaccio.**

**Novelle della Repubblica letteraria** c. 163. 450.

## O

**O** **Bbes** pr. §. 14.  
**Ordine della Fisica** c. 1.  
**Oro sua durezza** c. 49. 110. e seg.  
**Osservazioni** pr. §. 22.  
**Ottica, che cosa è** pr. §. 6.

## P

**P** **Azzi** c. 10. 21.  
**Paradossi Idrostatici** c. 311. 814. e seg.  
**Peletier** c. 39. 85.  
**Perrault** c. 95. 225.  
**Perrault** c. 230. 594.  
**Pesa liquori** c. 336. 888.  
**Pendoli** c. 349. 928. e seg. **Modo di formarli** c. 354. 940.  
**Piccolomini** pr. §. 14.  
**Platone** pr. §. 11.

Possibili loro scienza pr. §. 17.  
 Pomponazio pr. §. 14.  
 Potenze diverse moventi c. 306. 797. e seg.  
 Pori si trovano in tutti i Corpi c. 416. 1114.  
 Per essi non si può determinare la materia de' Corpi c. 416. 1115. Si può estender molto una parte di materia c. 418. 1117. e si può condensare c. 418. 1117.  
 Proprietà prime, e seconde pr. §. 5.  
 Proporzione del Diametro alla circonferenza c. 47. 106.  
 Problema generale per le forze, velocità, spazj ec. c. 192. 520. e seg.  
 Problemi intorno all' uniforme accelerazione c. 207. 553. e seg.  
 Punti indivisibili c. 26. 51. Geometrici si danno c. 36. 77. 78.

**Q**uantità che è, varie specie pr. §. 3. l' assoluta non si può sapere c. 52. 115.  
 Qualità V. Affezioni secondarie.  
 Quiete se sia positiva c. 93. 222. e seg. assoluta, e relativa c. 118. 293. e seg.

**R**egola 3. di filosofare come si deve intendere c. 5. 13. come ha luogo nelle qualità corporee c. 6. 14.

Regis c. 93. 221.  
 Regole per l' Analogia c. 3. 4. Regole Newtoniane per discorrere de' corpi c. 3. 6. 9. 11.

Resistenza della materia s'è sempre attuale c. 73. 170. e seg. per alcuni è minima c. 76. 175. e seg.

Resistenza V. inerzia. Varie specie di resistenza c. 88. 206.

Resistenza nelle macchine c. 304. 792.

Riflessione V. Sperienza interna.

Robault c. 25. 48.

Rudigero c. 213. 582.

**S**apere umano suo oggetto pr. §. 1.  
 Spirito, che cosa è, come si conosce pref. §. 1.

Saraceni pr. §. 13.

Scarlatto c. 45. 103.

Scienza della ragione pr. §. 1.

Scienza della natura, che cosa è, modo di trattarla pr. p. 2. generale pr. §. 5. particul. pr. §. 6. gener. sua divisione c. 1.

Scienza universale se è possibile pr. §. 21.

Scolastici pr. p. 13.  
 Scudella di Galileo c. 40. 87. seg. soluzione di questo paradoss c. 41. 90.

Sensi pr. p. 2. loro uso pr. §. 24.

Serie infinite modo di trovarle c. 42. 93. 94.

Spazio assoluto, e relativo c. 24. 47. come si misurano c. 26. 50.

Sperienza esterna, che è pr. §. 2.

Sperienza interna pr. §. 1.

Sperimentatore sue condizioni c. 2. 2.

Società Reale d' Inghilterra c. 196. 530.

Solidità c. 18. 36. compete a ciascuna parte di materia c. 76. 177. e seg.

Solidità della Sfera c. 47. 106.

Sollicitazione al moto c. 145. 398.

Sottigliezza della materia c. 45. 102. e seg.

Softanza materiale V. corpo.

Stati diversi della Fisica pr. §. 9. e seg.

Della mente c. 7. 17. del pensiero c. 8. 18. di sensazione c. 8. 19.

Stancari c. 43. 99.

Sturmio c. 227. 590.

Superficie Geometriche si danno c. 36. 77.

Superficie de' corpi simili determinata c. 69. 159. e seg.

Superficie della Sfera c. 47. 106.

**T**alete Milefio pr. §. 11.

Telesio pr. §. 4.

Tempo assoluto, e relativo c. 120. 297. 298.

Tomeo pr. §. 14.

Tribeccorvio pr. §. 13.

Tubi Capillari e loro dottrine c. 340. 899. e seg.

**V**arignon c. 141. 378.  
 Wallis c. 39. 85.

Velocità uniforme è come lo spazio diviso dal tempo c. 129. 334. e seg. c. 131. 340. e seg.

Velocità variabile, e uniformemente accelerata c. 141. 379. e seg.

Velocità che cosa sia c. 115. 284.

Verisimile pr. §. 19.

Vocabili loro uso pr. §. 18.

Voto se sia softanza ec. c. 91. 216. sua necessità c. 330. 876.

Visionari c. 10. 21.

**Z**enone argomento contro il moto c. 89. 211. e seg.

Zoologia, che cosa è pr. §. 6.

TAVOLA . I.

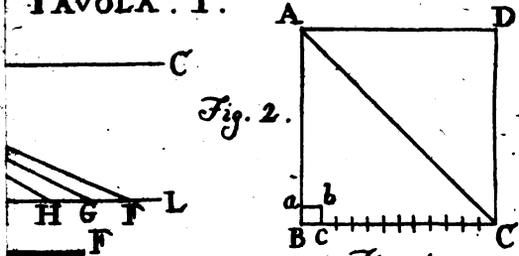
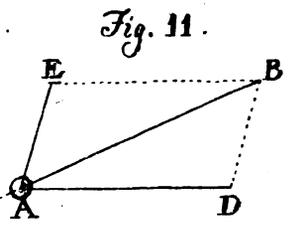
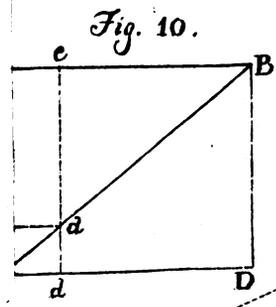
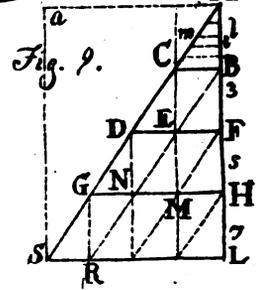
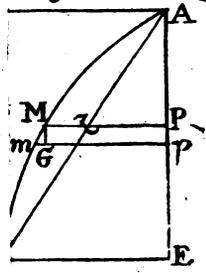
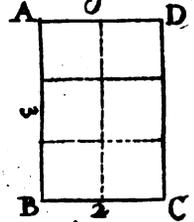
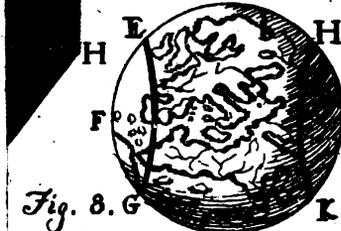


Fig. 5.

Fig. 6.



N



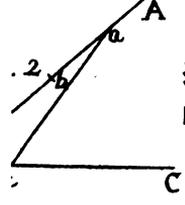


Fig. b.

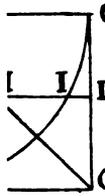
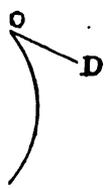


Fig. 11. 1 Pollice

Rom. antico, o parte dodicesima del piede antico

Fig. 12.

1 Pollice  
Inglese Odierno

Del Reno di Francia Odierno

3 Fig. 7 2 1 Pollice  
Parigino Odierno

3 Fig. 8. 2 1 Pollice  
Reno landico Odierno

3 Fig. 9. 2 1 Pollice

Napolitano Odierno, o parte dodicesima del palmo napolitano

Fig. 10. 3 2 1 Pollice  
Romano Odierno



TAVOLA · III ·

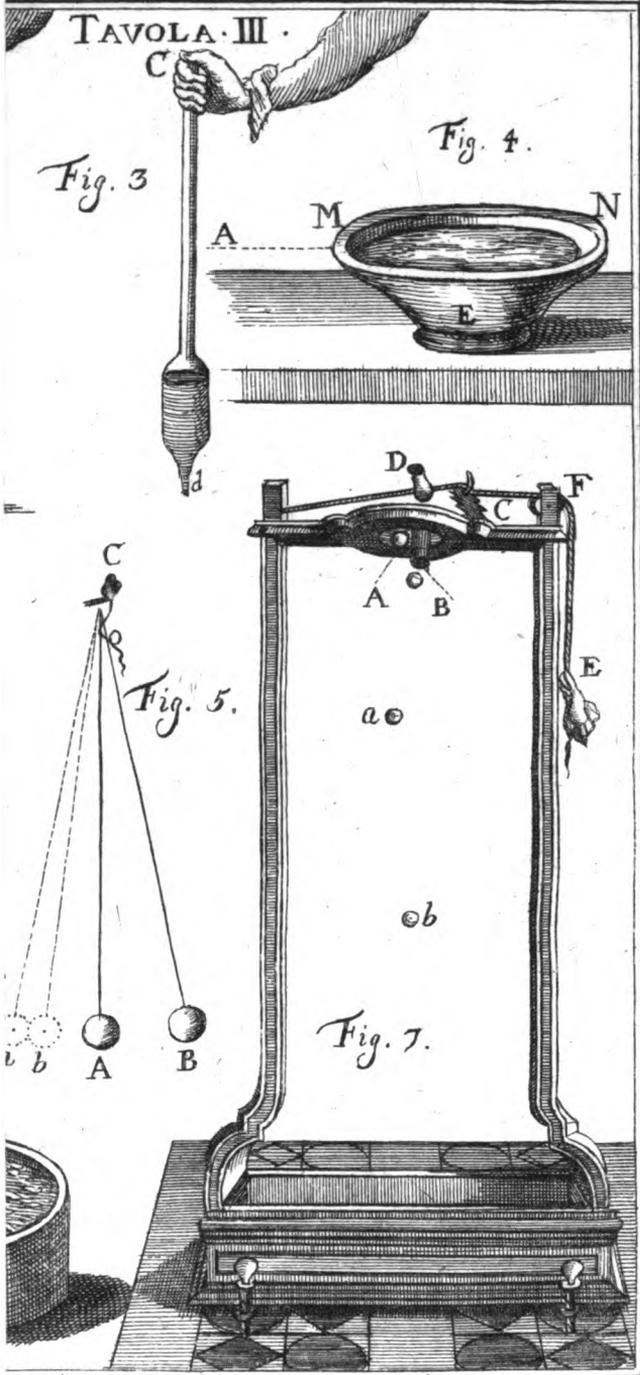
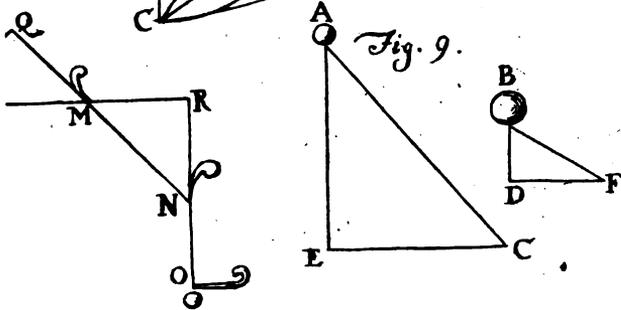
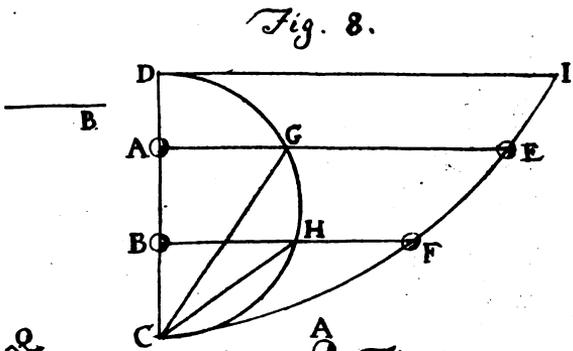
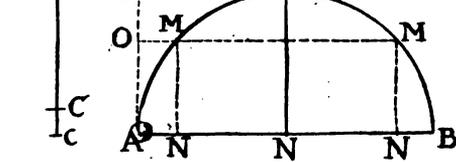
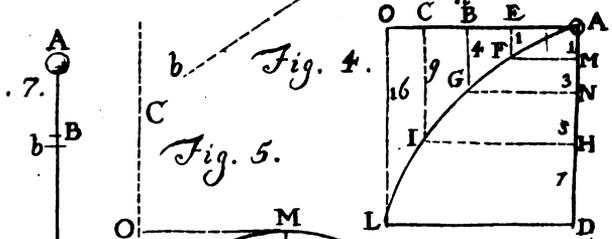
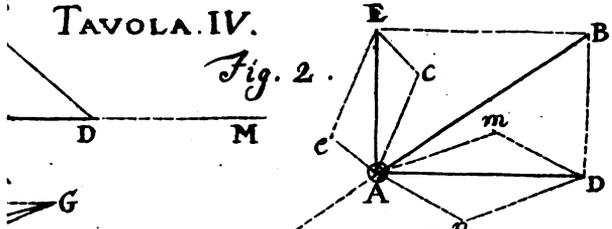




TAVOLA. IV.





NOVA. V.

Fig. 2.

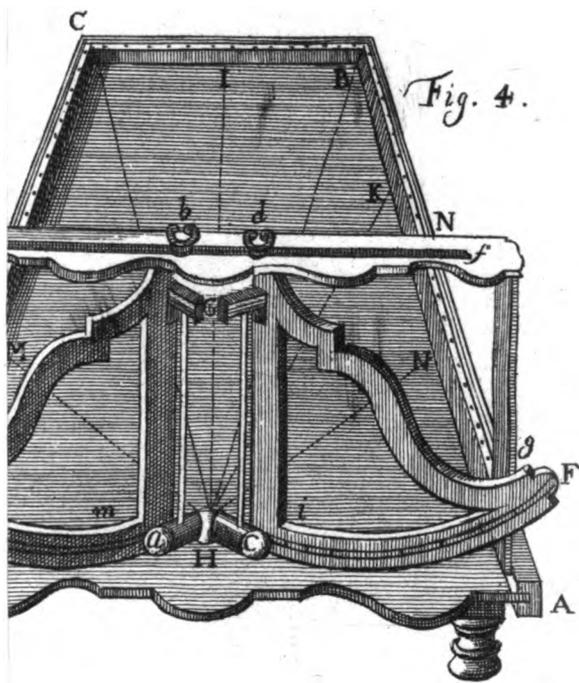
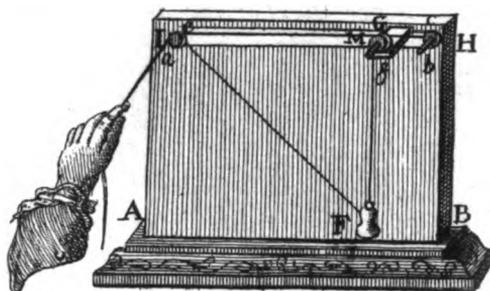


Fig. 4.

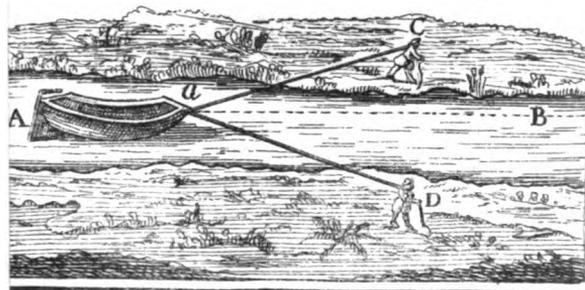
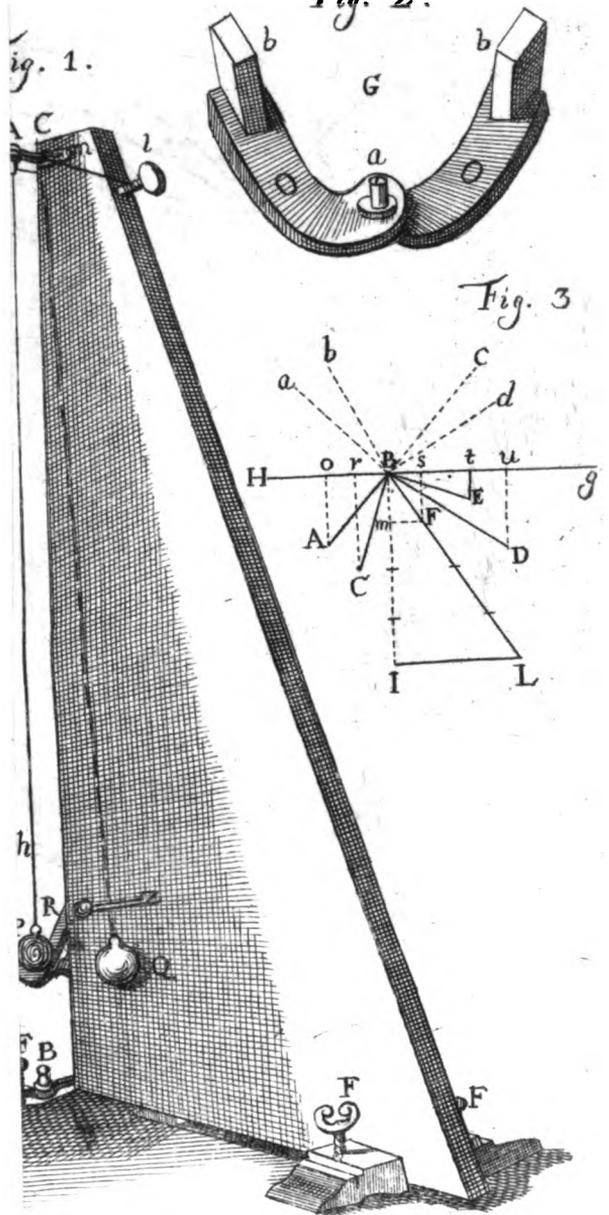




Fig. 2.

Fig. 1.





AVOLA. VII.

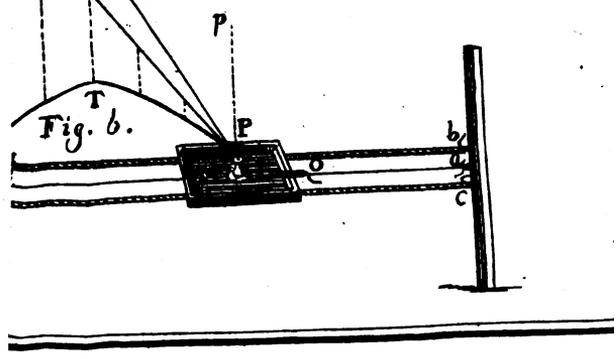
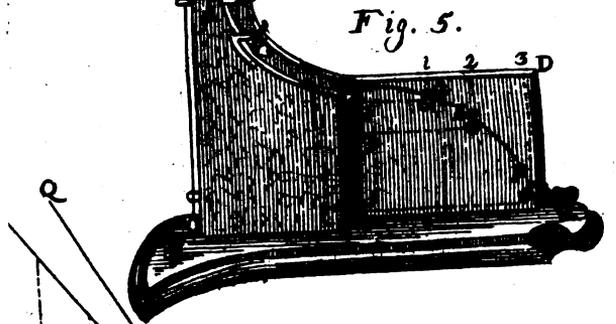
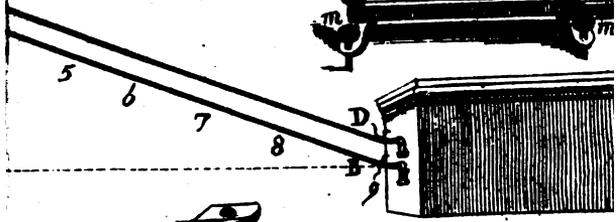
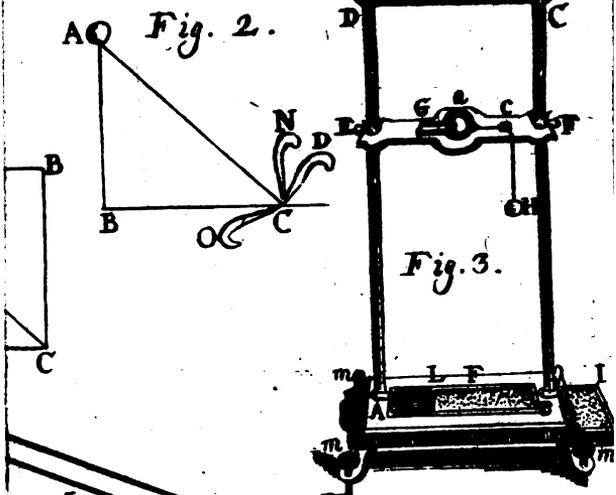




TAVOLA. VIII.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

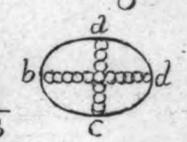


Fig. 11.

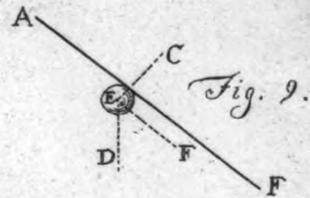
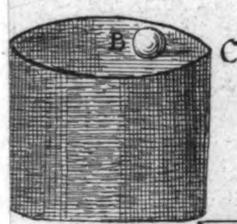


Fig. 13.

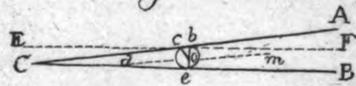


Fig. 12.

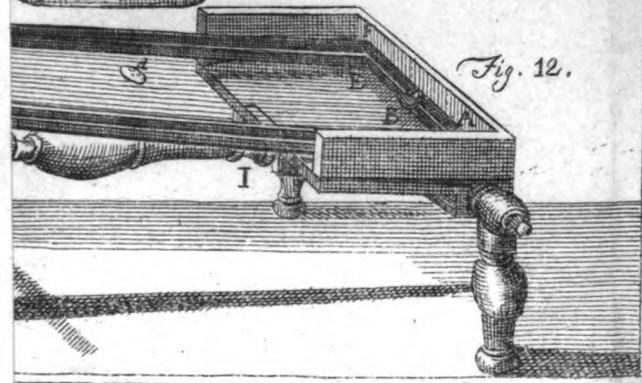




TAVOLA. IX.

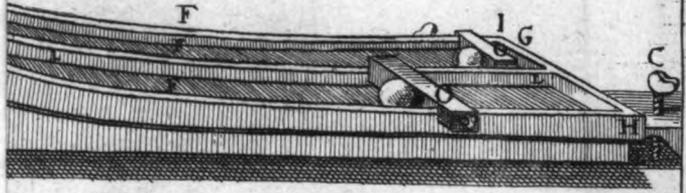


Fig. 3.

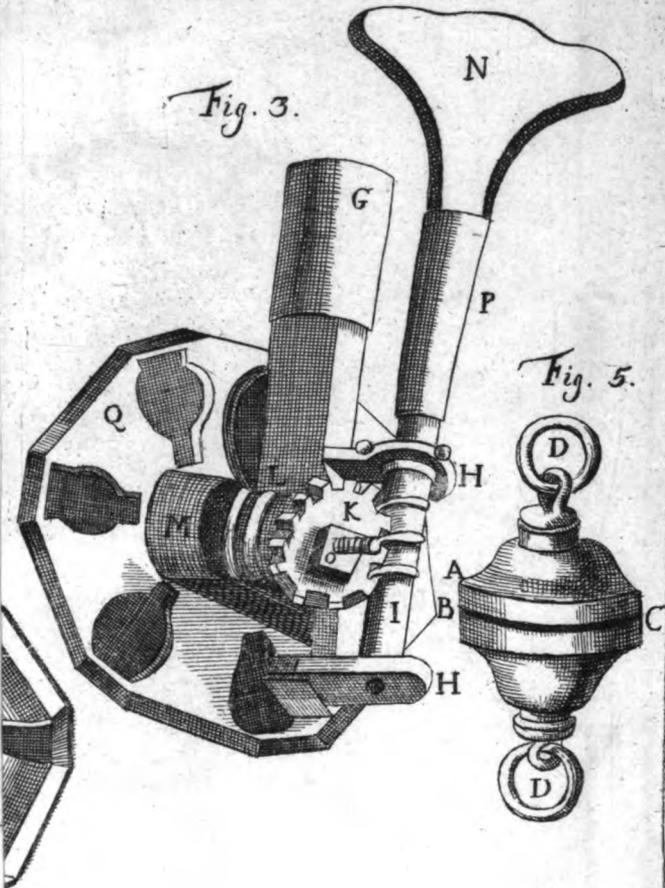


Fig. 5.





TAVOLA. X.

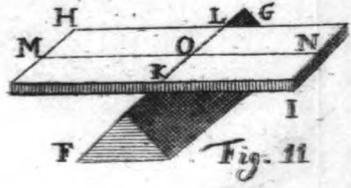
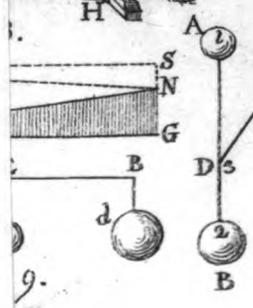
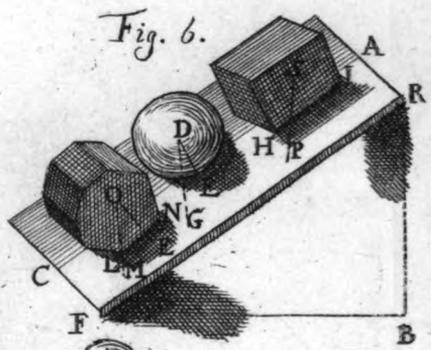
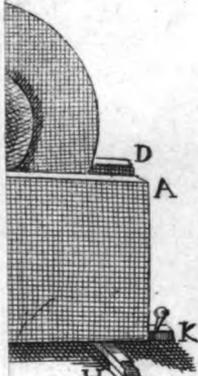
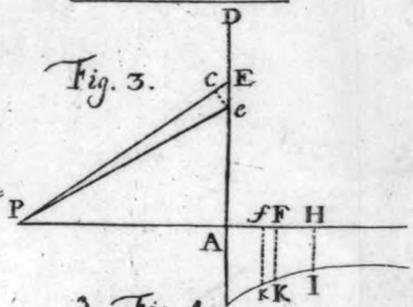
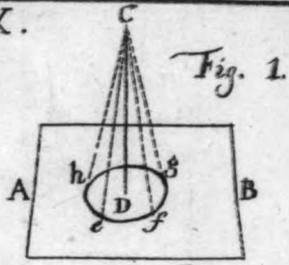




Tavola XI.  
 RSE DEL PENDOLO, CHE OSCILLA  
 NDE, IN VARJ LUOGHI.

linee.	linee.
dine	Nell'Isola di <i>S. Cristoforo</i> ,
, des	che ha di latit. gr. 17°: 19'
440: $\frac{5}{9}$	secondo des hayef. — 438: $\frac{1}{4}$
- 440: $\frac{5}{9}$	Alla <i>Guadalupa</i> , che ha di
- 440: $\frac{17}{30}$	latit. gr. 16°, secondo Varin,
440: $\frac{1}{3}$	des hayef, e de Glos — 438: $\frac{1}{2}$
atitu-	A <i>S. Pietro</i> nella Martinica,
.	che ha di latit. 14° 44'
ent.	secondo des hayef. — 438. $\frac{1}{2}$
	A <i>Gorea</i> che ha di latit. gr.
440: $\frac{11}{10}$	14° 40', secondo Varin,
it.	des hayef, e de Glos — 438: $\frac{5}{9}$
.	A <i>Porto Belo</i> che ha di latit.
440: $\frac{1}{4}$	gr. 9: 33'. secondo Godin 439: $\frac{7}{89}$
Dome-	secondo Bouguer — 439: $\frac{7}{90}$
ef. 439:	A <i>Panama</i> , che ha di latit.
l'Isola	gr. 8°: 35' secondo Godin,
a di	Bouguer, e Condamine 439: $\frac{1}{5}$
o	Alla <i>Caienna</i> , che ha di latit.
439: $\frac{1}{8}$	gr. 4°: 56' secondo des hayef
- 439: $\frac{1}{3}$	un poco men di — 438: $\frac{1}{2}$
- 439: $\frac{7}{30}$	A <i>Punta-Palmar</i> , che
aica	ha di latit. meridionale
	min. 2' secondo Condamine. 438: 96
	A <i>Riojama</i> , che ha di latit.
	merid. min. 9' secondo Bou-
Londra	guer ————— 438: 82
le stelle	secondo Condamine 438: 93
	A <i>Quito</i> , che ha di latit. mer.
te da	min. 25', secondo Boug. 438: 82
	secondo Condamine 438: 84



# T O L A XII.

*allungamento del Pendolo dall'  
quatore al Polo.*

Accelerazione del pendolo, in una rivoluzione delle telle.	Linee, e parti de- cimali d'allunga- mento, che si deve dare al Pendolo.
---------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

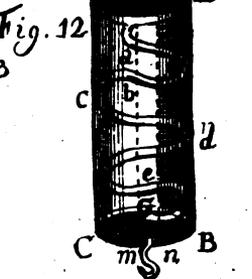
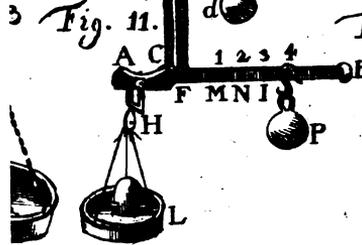
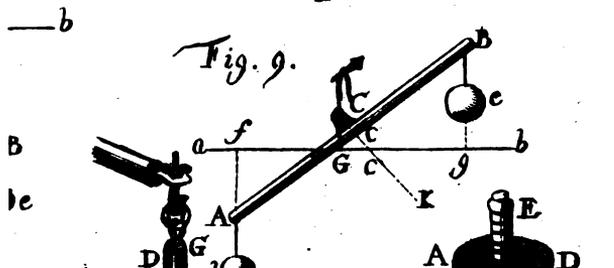
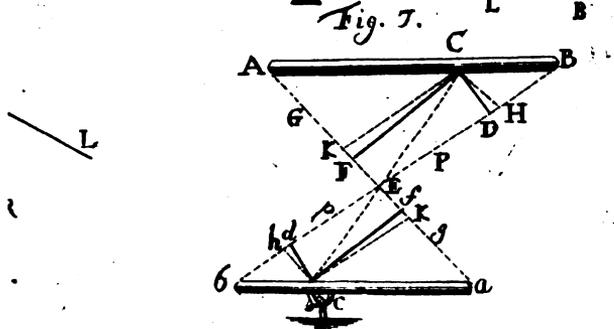
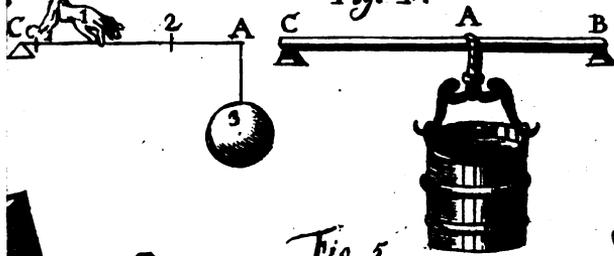
0"	0
1, 6	0, 016
6, 4	0, 065
14, 3	0, 145
24, 9	0, 254
38, 1	0, 387
53, 3	0, 542
70, 2	0, 713
88, 1	0, 896
106, 6	1, 084
125, 1	1, 273
143, 1	1, 455
159, 9	1, 626
175, 1	1, 781
188, 3	1, 915
198, 9	2, 023
206, 8	2, 103
211, 6	2, 152
213, 2	2, 169







TAVOLA XIV.





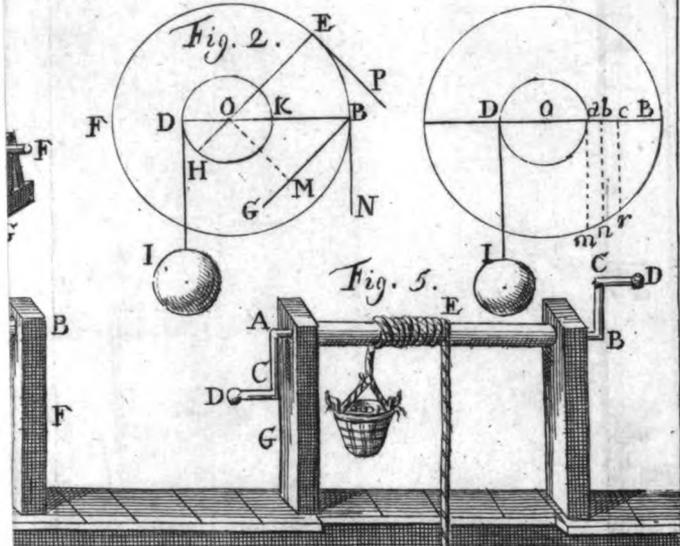


Fig. 5.

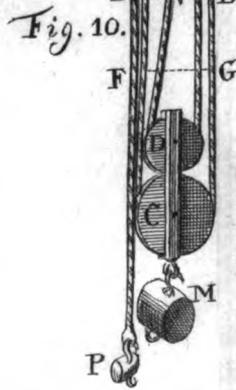
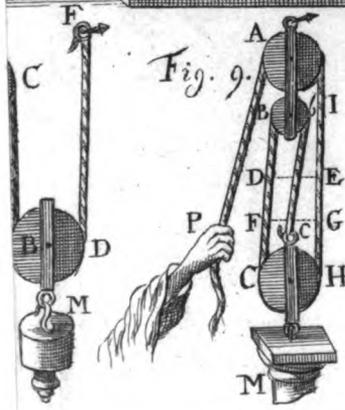
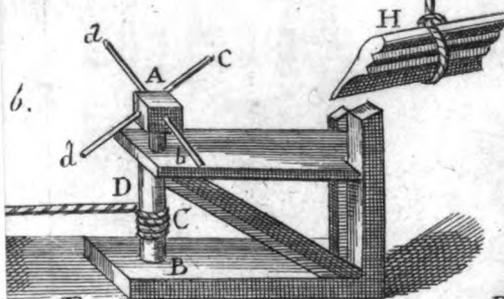




Fig. 2.

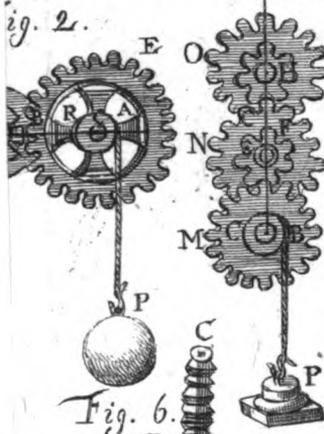


Fig. 4.

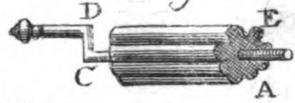


Fig. 3.

Fig. 6.

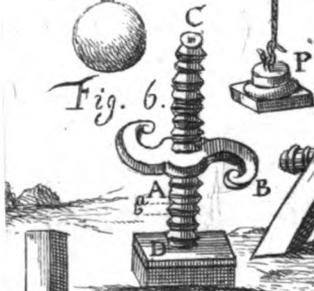


Fig. 8.

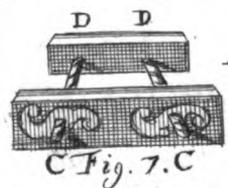
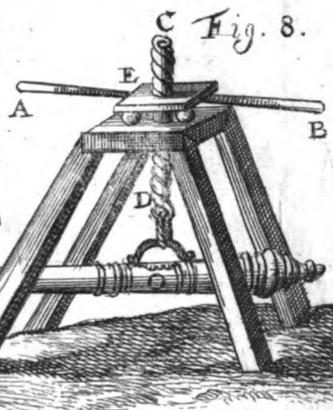


Fig. 7.C

Fig. 10.

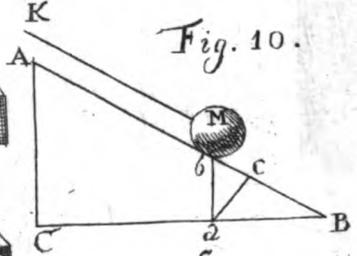


Fig. 9.

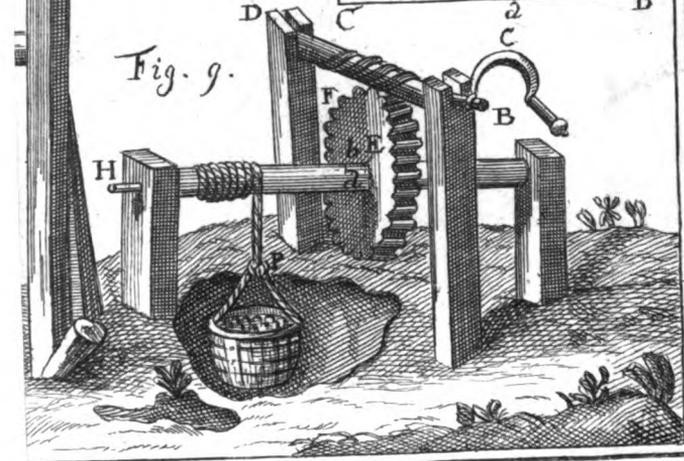




TAVOLA. XVII.

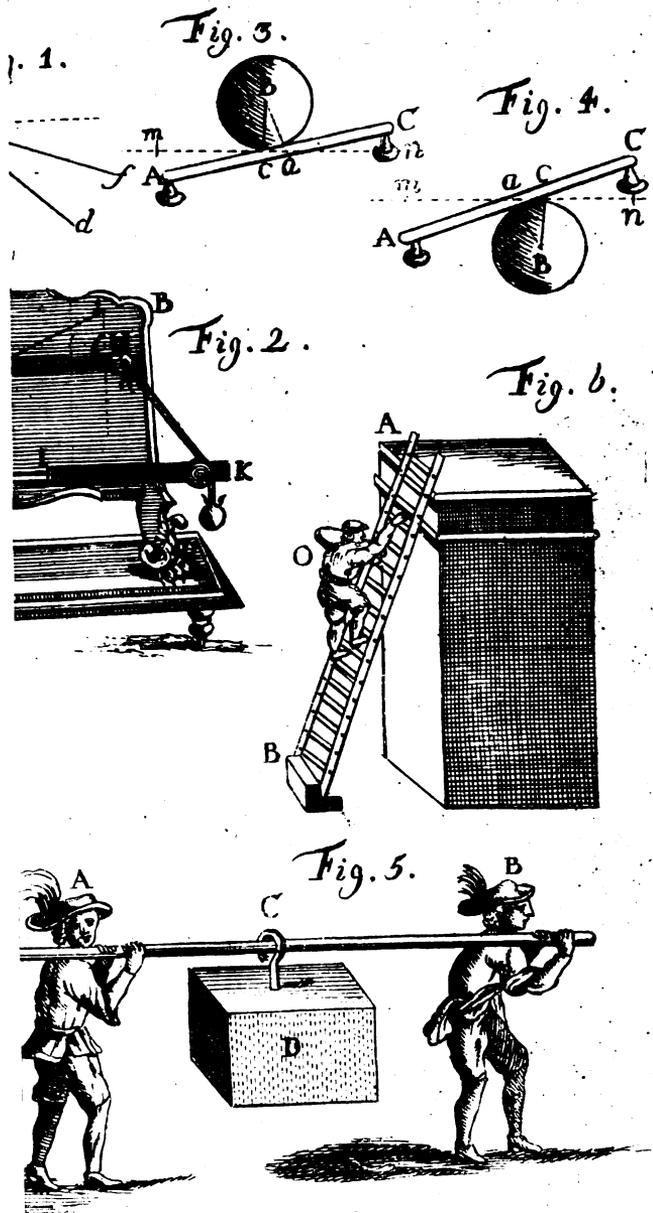




TAVOLA. XVIII.

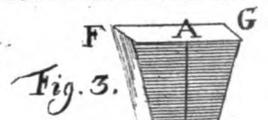
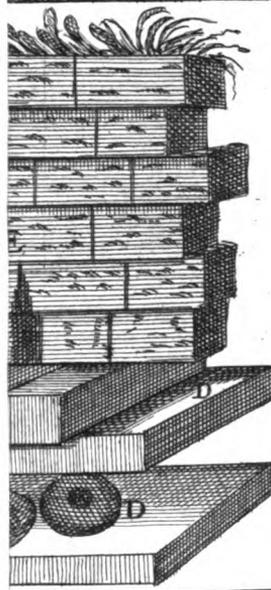
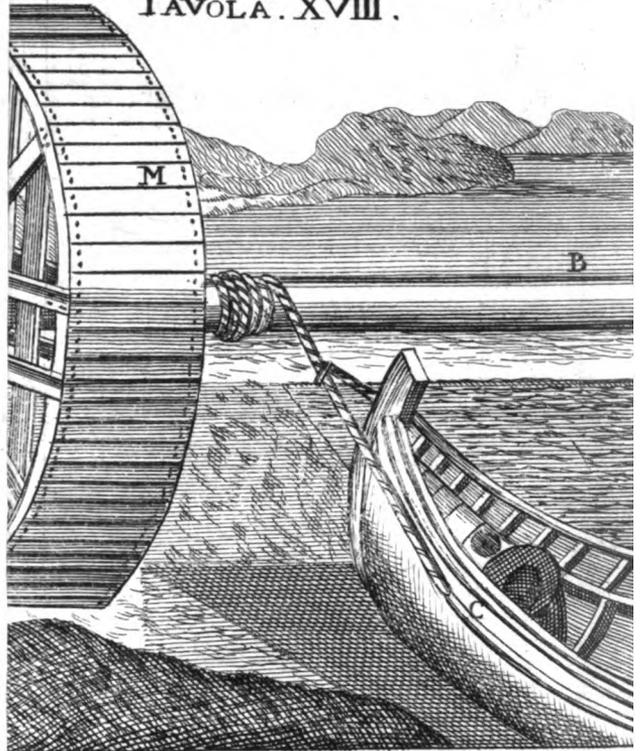


Fig. 3.

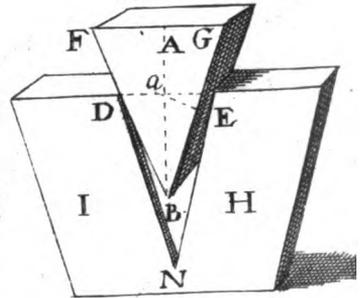


Fig. 4.



TAVOLA . XIX .

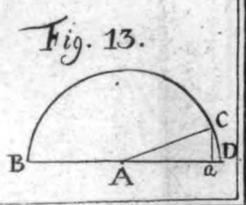
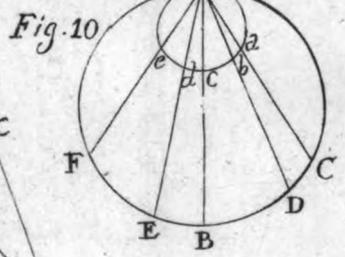
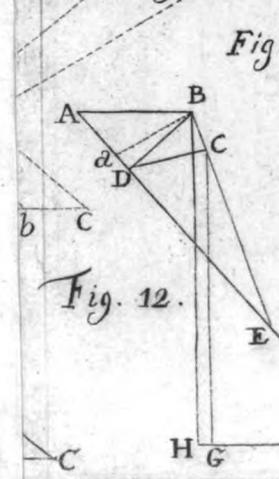
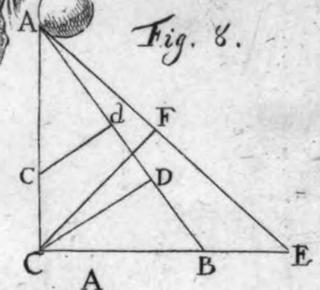
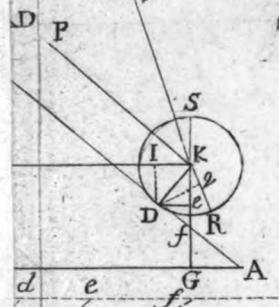
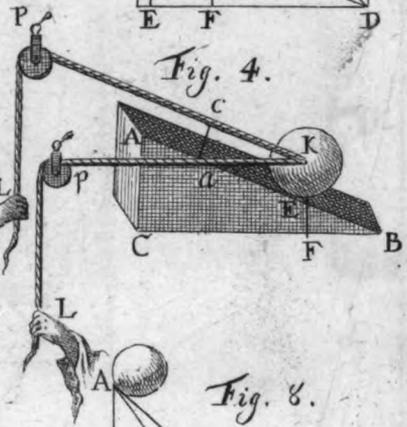
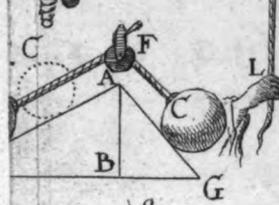
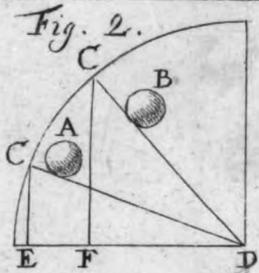
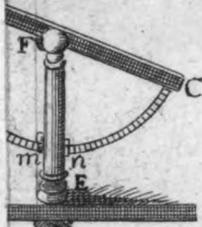




TAVOLA.XX.

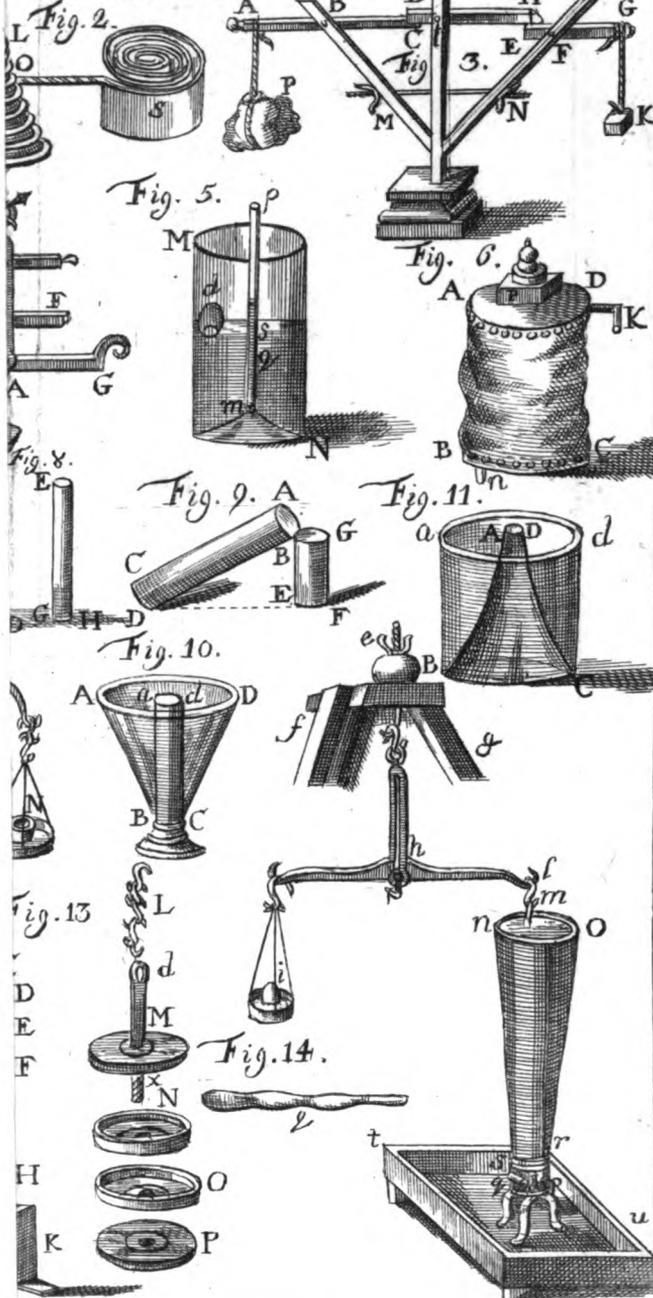




TAVOLA XXI.

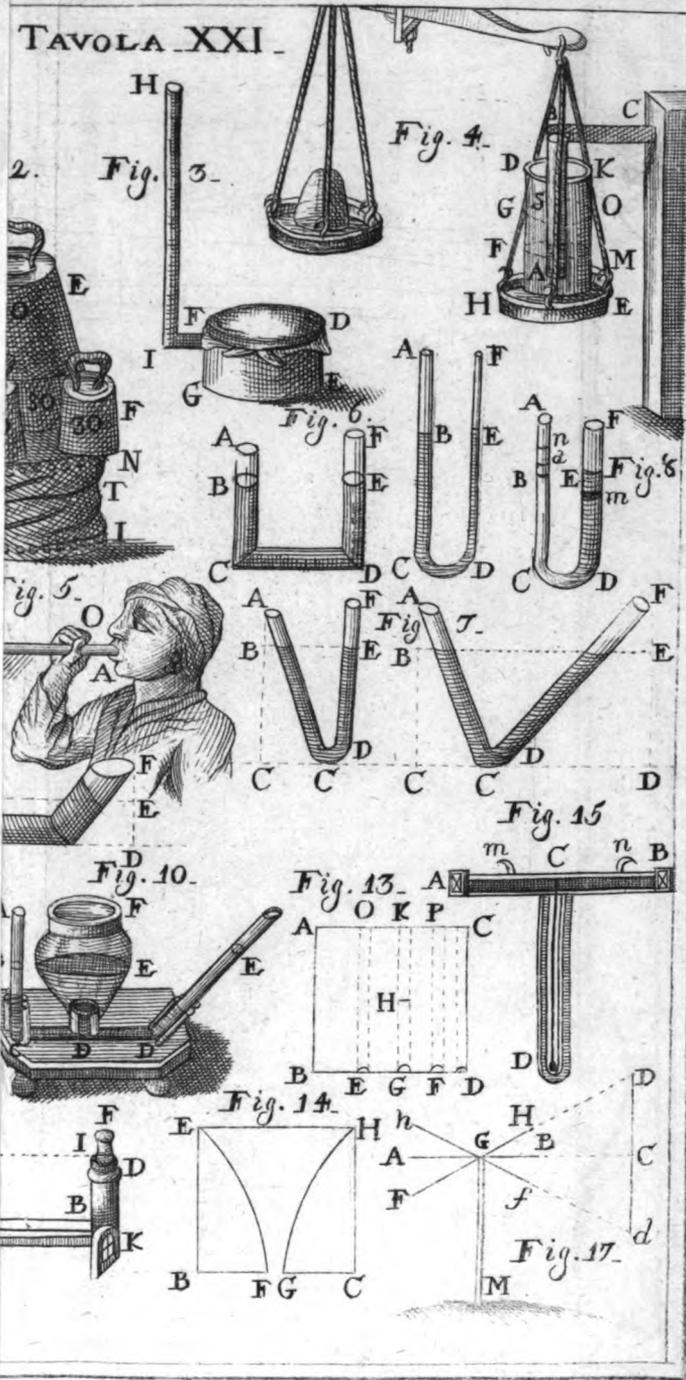




TAVOLA XXII.

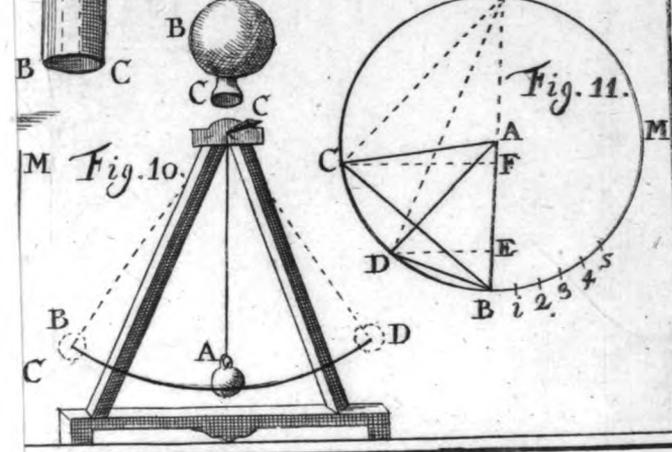
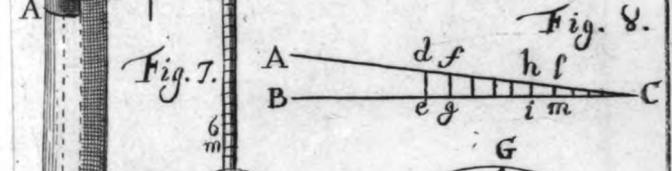
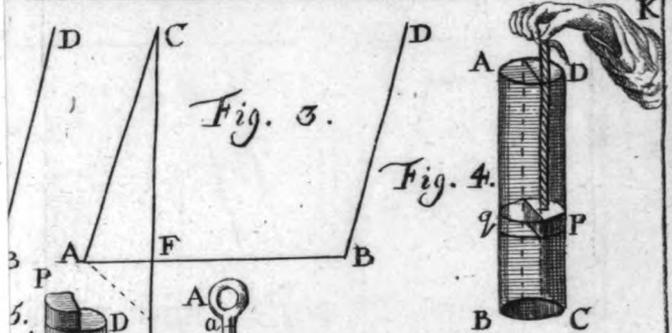
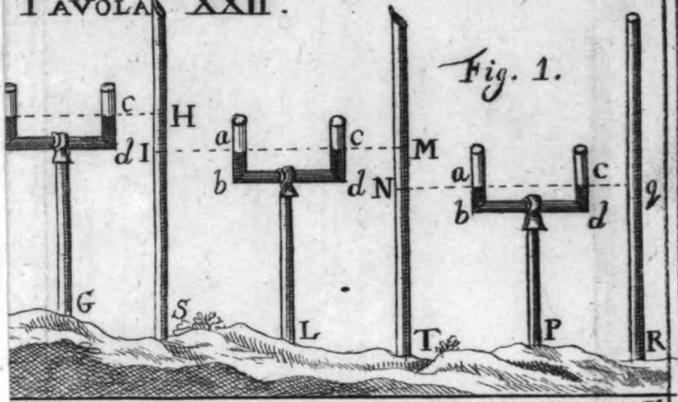




TAVOLA. XXIII

K  
M

Fig. 2.

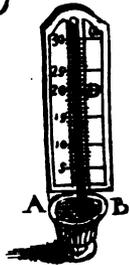


Fig. 3.

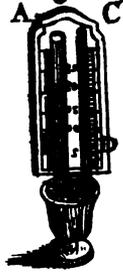


Fig. 4.

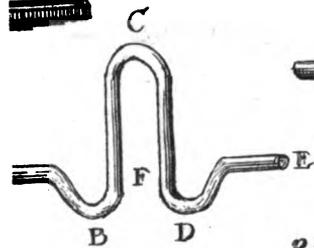


Fig. 5.

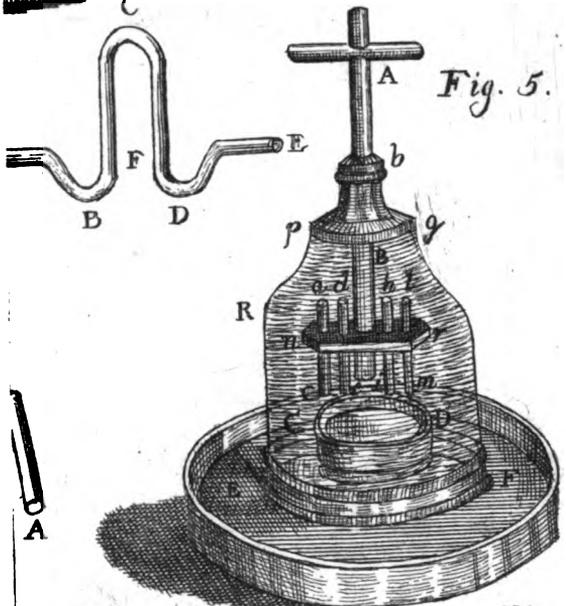
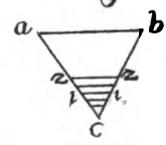
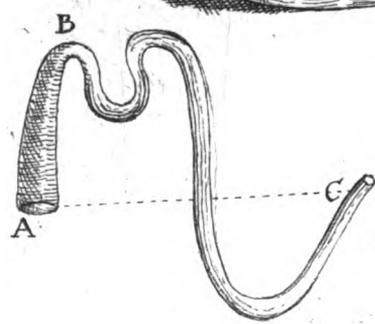


Fig. 6.





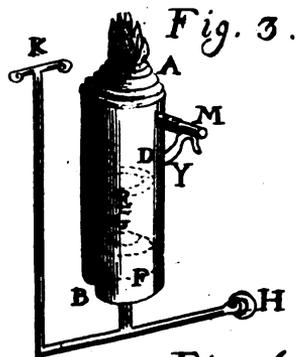
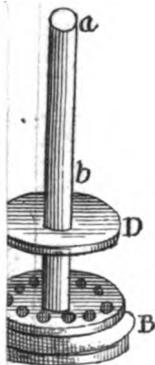


Fig. 5.

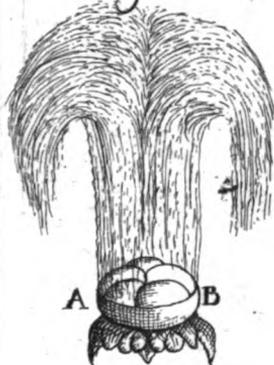


Fig. 6.

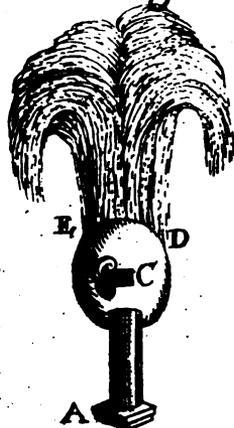


Fig. 8.

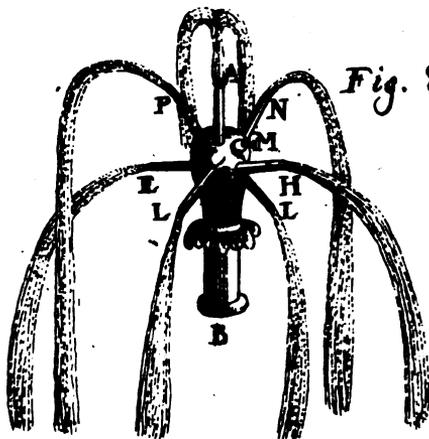




TAVOLA. XXV.

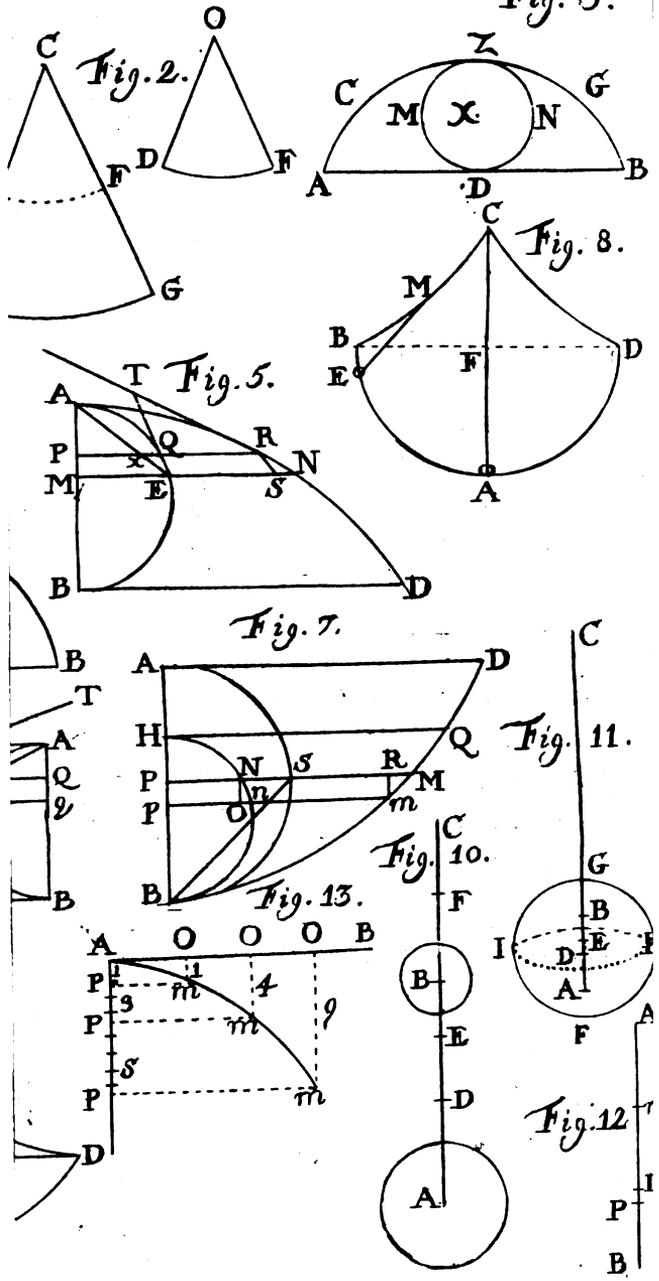








TAVOLA. XXVII

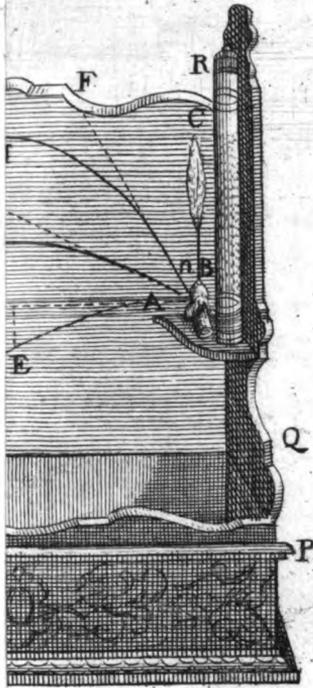


Fig. 3



Fig. 2.

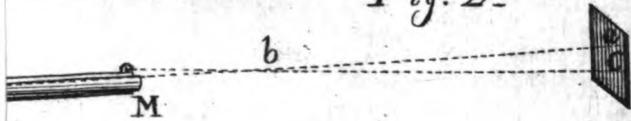


Fig. 4.

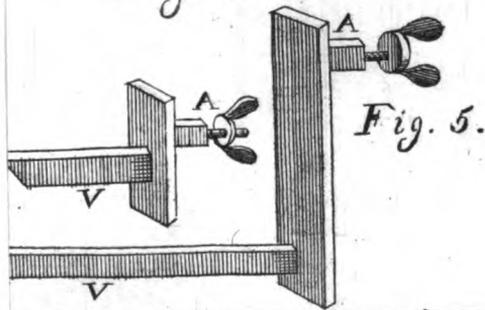
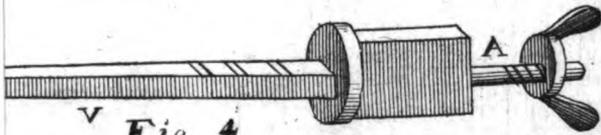


Fig. 5.



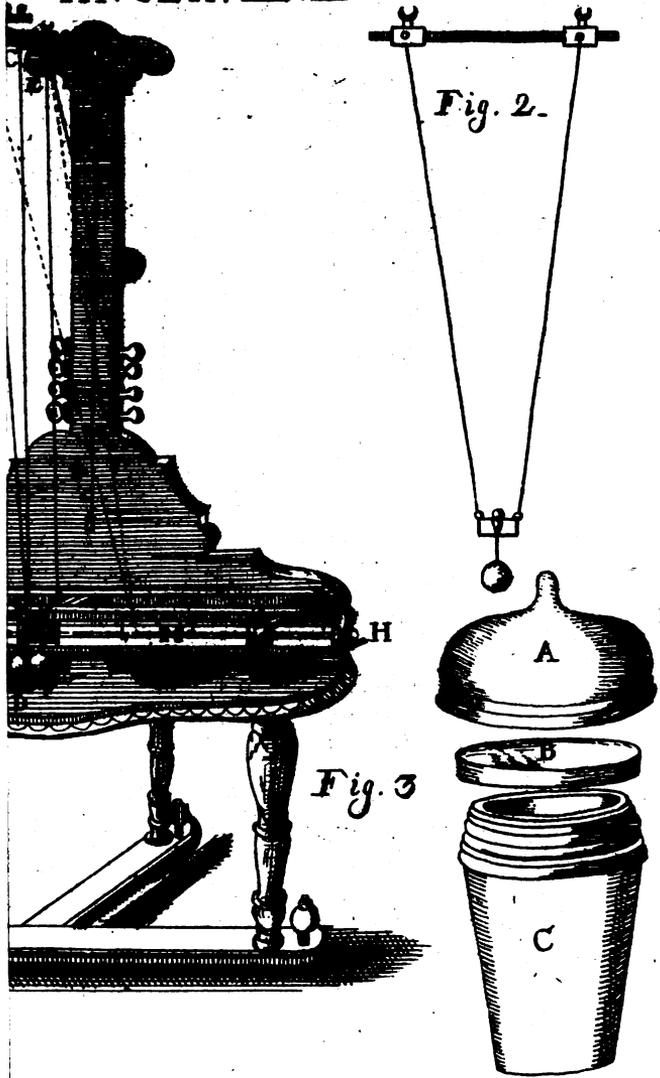


Fig. 2.

Fig. 3



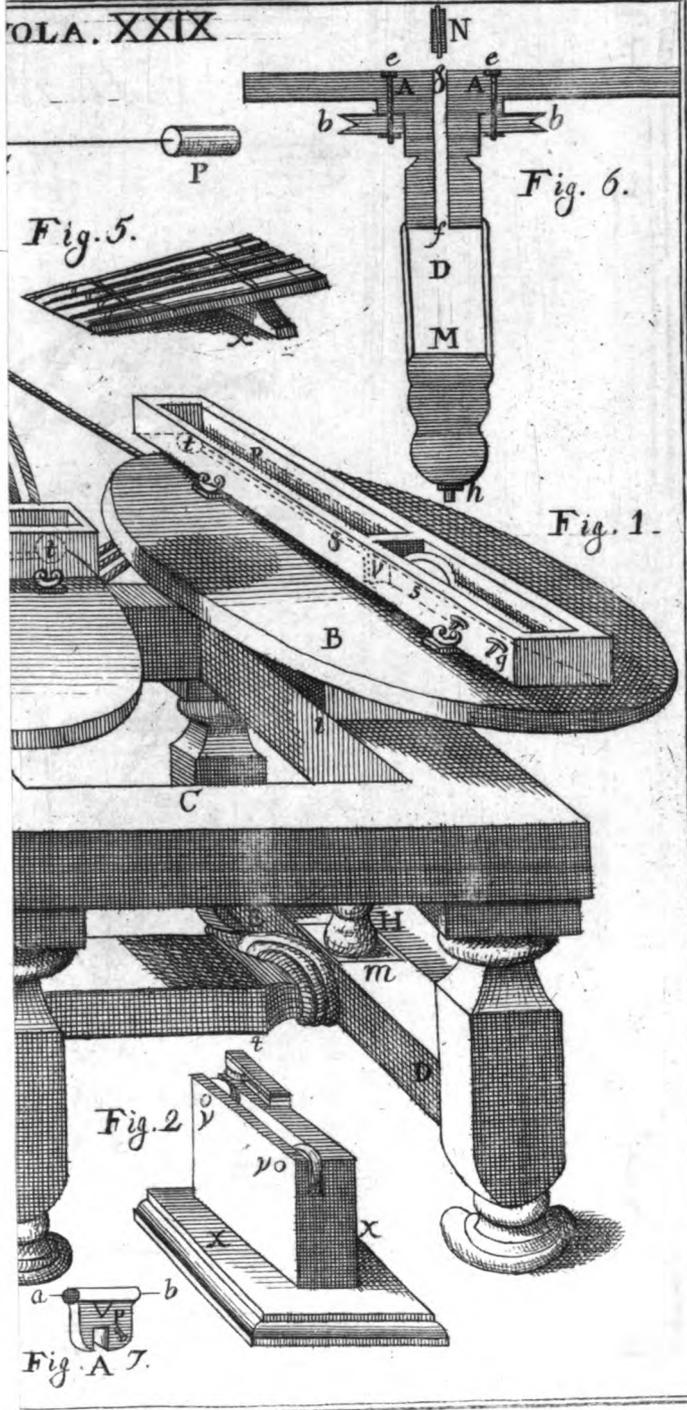




TAVOLA. XXX.

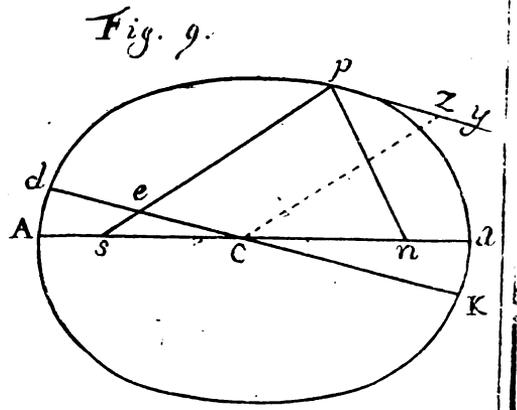
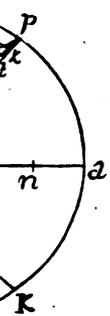
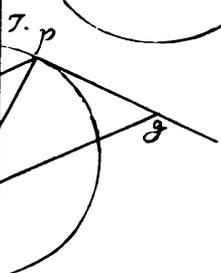
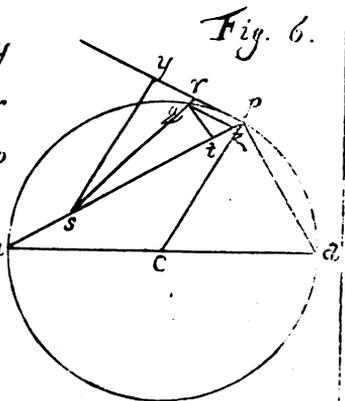
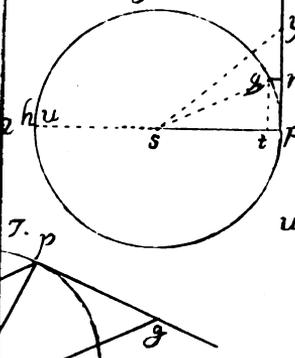
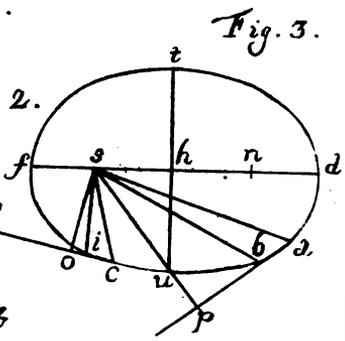
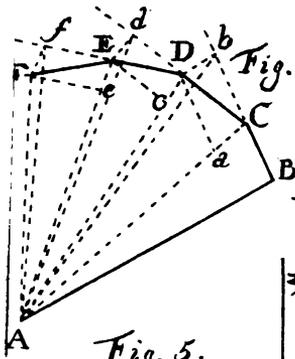




Fig. 3.

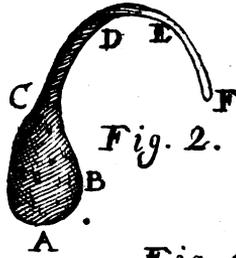
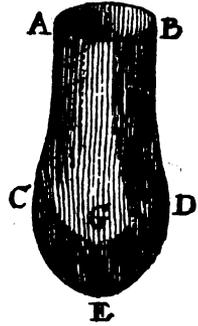


Fig. 2.

Fig. 4.

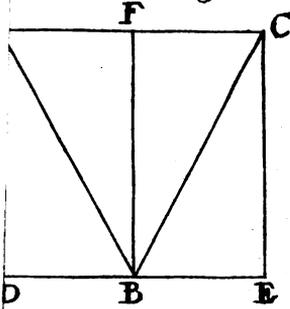


Fig. 6.

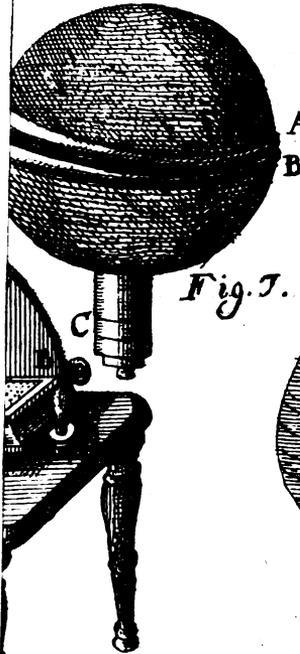
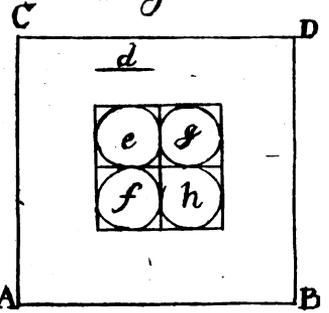


Fig. 7.

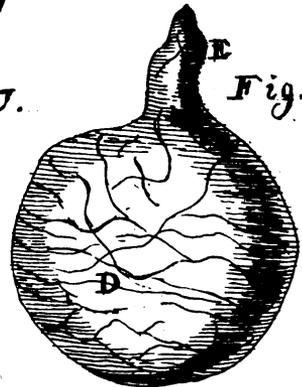


Fig. 8.

Bayerische  
Staatsbibliothek  
München









