



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guida per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>





600036649Y

Y 129.



1984 c. 194

TAYLOR INSTITUTION.

BEQUEATHED

TO THE UNIVERSITY

BY

ROBERTO FINCH



**TRATTATO
COMPLETO ED ELEMENTARE
DI FISICA**

ESPOSTO IN UN ORDINE NUOVO

SECONDO LE MODERNE SCOPERTE

DAL SIGNOR ANTONIO LIBES

TRADOTTO DAL FRANCESE

SULLA NUOVA EDIZIONE FATTA DALL' AUTORE

E CORREDATO DI NOTE E ILLUSTRAZIONI

DA LUIGI BARONI

DELLE SCUOLE PIE

PUBBLICO PROFESSORE DI MATEMATICHE

E D'IDRAULICA

TOMO III.

FIRENZE 1815.

NELLA STAMPERIA DI GUGLIELMO PIATTI

CON PERMESSO DEL GOVERNO.



TRATTATO ELEMENTARE

D I

F I S I C A.

L I B R O XI.

DELLA LUCE.

647. La parola *luce* vien presa in più significati: ora indica quel fluido sottilissimo prodotto dal sole e dalle stelle, il quale spandendosi con incredibile attività nell'immensità dello spazio per animare e vivificar la natura, con la sua azione benefica su tutti gli esseri organizzati fa che questi a lei debbano i bei colori onde s'ammantano, e con la sua assenza ci renderebbe affatto stranieri al meraviglioso spettacolo dell' Universo: ora esprime la sensazione che in noi produce la presenza di questo fluido. Ma non dovendosi con un medesimo nome confonder l'effetto e la causa, useremo la parola *luce* per esprimere la sensazione e il chiarore che l'accompagna, e ne indicheremo la causa col nome di *fluido luminoso* (314). Intanto volendo noi limitarci a studiar le proprietà del fluido luminoso e

(314) Altri lo chiamano assolutamente *il lumico*, come si dice *il calorico*, e come si dice *l'elettrico*, invece di *fluido elettrico*. Per brevità userò *luce* talvolta per intendere anche *fluido luminoso*.

4
 a determinar le leggi di sua azione, lo considereremo primieramente nel suo stato di composizione, sotto tre diversi punti di vista, cioè 1.° quando da un oggetto viene al nostr'occhio direttamente, 2.° quando vi viene dopo essersi riflesso, 3.° quando dopo essersi rifratto; e quindi ci occuperemo della decomposizion di questo fluido e dei gran fenomeni che ne dipendono (315).

P A R T E I.

Del fluido luminoso diretto.

C A P. I.

Della Propagazion del fluido luminoso.

648. **D**ovendosi in questa I.^a Parte del Trattato della Luce discorrer del fluido luminoso (§. antec.) nel suo stato di composizione quando *direttamente* vien da un oggetto all'organo della vista, subito ci si presenta la curiosità di sapere il modo con cui si propaga

(315) Prima di tutto uno studente non deve ignorare che il Trattato della luce è stato sempre compreso sotto il titolo generale di *Ottica*, scienza la quale è stata sempre divisa in 3 Parti, cioè 1.^a l'*Ottica* propriamente detta ossia la scienza della *luce diretta*, dove entra la *Fotometria*; 2.^a la *Catottica* o la scienza della *luce riflessa*; 3.^a la *Diattrica* o la scienza della *luce rifratta*; e da Newton in quà vi si è aggiunta la 4.^a Parte, cioè il Trattato *de' colori*. Questi termini ed espressioni se non sono a rigore esatti, sono almeno più facili perchè più concisi. La luce solare percorre lo spazio di 72400 leghe in 1ⁿ, e dalle stelle ci viene in 6 anni inoira: e la sua velocità sta a quella del suono :: 946000 : 1, e a quella di una palla da cannone 1 : 900000 : 1.

un tal fluido, ossia il modo con cui esso si diffonde e si spande nello spazio che illumina. Ora la propagazione del fluido luminoso è sottoposta a delle leggi, l'esistenza delle quali non può esserci svelata che dall'esperienza. Per ogni lato chiudete una stanza in modo, che il fluido luminoso vi penetri soltanto per un picciol foro fatto nell'imposta della finestra. Se non vi son nuvole, il muro supposto bianco e pulito, vi offre l'immagine di tutti gli oggetti esterni esposti al foro, benchè a rovescio, e ve gli offre immobili se sono immobili, e in moto se sono in moto: e se sul foro dà il Sole, vedesi il fluido luminoso andare in linea retta e terminarsi sul muro senza spandersi da alcun lato, ed inoltre l'immagini degli oggetti ricevute sul medesimo piano son tanto più piccole quanto più lontani sono essi dal foro.

649. Dunque 1.° il fluido luminoso si propaga in linea retta (316); e chiamasi *raggio luminoso* una fila non interrotta d'atomi luminosi che tutti seguon la stessa direzione: 2.° un punto qualunque d'un oggetto luminoso può scorgersi da tutti i luoghi, a cui va a terminare, senza incontrare ostacoli, una retta tirata da questo punto, perchè l'immagine d'un oggetto in moto è sempre visibile nella camera oscura finchè l'oggetto è esposto al foro: 3.° ogni punto luminoso d'un oggetto manda raggi per ogni senso, divenendo così il centro d'una sfera d'attività che si stende indefinitamente in tutte le direzioni; e concependosi alcuni di questi raggi intercetti da un piano, il punto luminoso diviene il vertice d'una piramide luminosa da essi formata, che ha per base il piano stesso che si frappone

(316) Ciò vale finchè passa per il medesimo mezzo, giacchè cambiando mezzo vi si *rifrange*, come all'incontro di un ostacolo vi si *riflette*, e lo vedremo. Alle obiezioni fatte dal cel. Gesuita P. Boscovich contro la propagazione della luce per linea retta fu risposto dal P. Gaudio delle Scuole Pie in una dissertazione (Roma, 4.° 1760).

al loro passaggio: 4.° anche l'immagine della superficie d'un oggetto che si dipinge sul muro, è la base di una piramide luminosa col vertice al foro dell'imposta, mentre al di fuori della finestra gli stessi raggi ne formano un'altra simile ed opposta, che ha per vertice il foro e per base la superficie dell'oggetto: 5.° il fluido luminoso è composto di particelle tenuissime, mentre i raggi che partono in gran numero da ogni punto visibile degli oggetti esposti al foro, passano per esso benchè piccolissimo senza imbrogliarsi e confondersi. Lo stesso effetto della camera oscura offre con poca differenza il nostr'occhio nell'atto della visione, trasmettendosi ogni punto d'un oggetto all'occhio per una piramide di raggi sempre più divergenti, e perciò venendo a dipingervisi l'immagine interna dell'oggetto per un'infinità di piramidi, alcune delle quali s'incrociano al centro della pupilla, onde le immagini degli oggetti si dipingono nel fondo dell'occhio rovesciate. Che se non ci compariscon tali, dipende ciò dal manifestarcisi che fanno gli oggetti per mezzo dell'impressione de' raggi nel nostr'occhio, dalla quale giudichiamo della situazion degli oggetti, e perciò gli crediamo all'estremità dell'ultimo raggio rettilineo che ce ne trasmette l'immagine, o all'estremità della retta secondo la quale succede la reazione che fan le fibre del nostro organo contro l'azion dei raggi che le colpiscono; onde gli oggetti debbon comparirci nella lor situazion naturale, benchè l'immagine ne sia rovesciata.

650. Ma il corpó lucido agisce per pressione o per emissione? Cartesio che è della prima opinione, riguarda lo spazio come ripieno di globettini perfettamente duri che fra di loro si toccano (317), cosicchè per

(317) Più chiaramente. Cartesio suppose, che la materia della luce sia un fluido che riempie tutto lo spazio, e le di cui particelle son globulari e perfettamente dure e in

l'azione del corpo luminoso restan premuti i globetti più a lui vicini, i quali a vicenda premono i vicini a se ec., onde si prova la sensazione della luce alla più gran distanza in un istante indivisibile. Alcuni Fisici

un costante contatto fra loro: cosicchè sono i corpi luminosi quelli che per se stessi animano questa sottil materia con darle un moto di vibrazione simile a quella del suono; moto per cui resta ella come premuta; pressione per cui avviene che ella si propaghi istantaneamente anche ad enormi distanze.

Infatti, senza però adottare in tutto il sistema Cartesiano sulla luce e con propendere al sentimento di Huygens e d' Eulero, che cioè la luce sia una materia elasticissima e sottilissima (*stere*) sparsa dovunque, e che venga messa in vibrazione dai corpi luminosi come accade fra l'aria e i corpi sonori, erede non inopportuno l'osservare, che dalla Genesi si rileva essere stata da Dio creata prima la luce e quindi il Sole; onde sembra che la luce sia indipendente dal Sole, e che esista del pari nella di lui presenza ed assenza, e che siccome esiste l'aria anche senza che esista un corpo sonoro, così esista pure la luce senza che esista un corpo luminoso come il Sole, le stelle ec., un lume, un fosforo, una fiamma ec.: i quali tutti non fanno che rendercela allora sensibile alla vista, giacchè non ha ella bisogno che di un moto e di un moto eccitatore che ce la invii. Quindi può supporci non senza ragione, che l'Onnipotente interponesse la luce, già creata, fra noi e gli astri, la cui presenza eccitandola comunque ci facesse godere del loro aspetto brillante.

Inoltre lasciando da parte la luce fatta sviluppare artificialmente o con l'elettricità o con l'ignizione o col calore o con lo stropicciamento (V. Hawksbee, *Esperienze* ec.) o con la putrefazione o con dei sali neutri nell'acqua ec., e osservando la luce de' fosfori sì naturali che fatti; (V. Nollet, *Fisica* Lez. 15) e la luce notturna del mare ec., come spiegare le esperienze di Dessaignes del 1810 dirette a provare, che la fosforescenza de' corpi è spesso prodotta dalla compressione? e che anzi tutti i corpi della natura son suscettibili di sviluppar della luce con la compressione? (L. XI. c. 3. art. 2).

moderni han sostituito i globettini elastici ai duri (318) per così conciliare con l'opinion di Cartesio il fenomeno delle emersioni de' satelliti di Giove, i quali dimostrano, come vedremo adesso, che l'azion del corpo luminoso non si propaga in un istante indivisibile. La qual' ipotesi se fosse vera, non saremmo mai immersi nelle tenebre della notte, mentre se (L. II. P. II. c. 1.) un fluido rinchiuso in un vaso è premuto da un lato, la pressione si comunica a tutte le molecole per ogni verso, onde se il fluido luminoso fosse sparso nello spazio immenso che abbraccia l'universo, nel momento che il Sole vi esercitasse la sua pressione, questa si trasmetterebbe per ogni lato con la stessa forza, e però avremmo luce quand' anche fosse il Sole al disotto dell'orizzonte.

651. Perciò i Fisici attaccati ai principj di Newton credono, che la luce sia un' emanazion reale dei corpi luminosi che di continuo gettano intorno de' raggi di lor propria sostanza, i quali composti di parti che si succedono e si rinnuovano sempre nel medesimo luogo, son animati da una velocità inconcepibile. Infatti 1.^o secondo le osservazioni di Roemer e Cassini ed Halley le emersioni de' satelliti di Giove fuor dell'ombra da lui *proiettata* ci compariscono più presto dalle congiunzioni di Giove col Sole sino alle opposizioni, e più tardi dalle opposizioni di Giove col Sole sino alle congiunzioni; e la differenza de' tempi fra le emersioni viste nella congiunzione e nell'opposizione è circa 16', la quale proviene dalla differenza degli spazj che ha da percorrere il fluido luminoso riflesso da' satelliti in queste diverse situazioni per giungere a noi; questa differenza di spazj è il diametro dell'orbe annuo della Terra, a percorrere il quale occupano i raggi luminosi circa 16', cioè 8' in circa per giunger dal

(318) E han tolto ancora il loro contatto perpetuo e continuo, che non si accorda punto col moto.

Sole a noi. Non è dunque istantanea la propagazione del fluido luminoso, e però esso si propaga per-emissione. 2.° Così si spiega il fenomeno dell'*aberrazione*, cioè il comparir delle stelle in posizioni differenti da quelle che comandan le leggi del moto apparente. Poichè combinando il moto della Terra col moto del fluido luminoso che ci vien dalle stelle, se la Terra fosse immobile, un raggio luminoso gettato da una stella con una data velocità e giunto a noi senza deviar dalla linea retta, farebbe veder la stella nel suo vero posto; e sarebbe lo stesso se essendo in moto la terra, fosse infinita la velocità del fluido luminoso mentre sarebbe la Terra come in riposo rapporto ad una velocità infinita. Che se la velocità del fluido luminoso ha un dato rapporto con quella della Terra, l'impressione del raggio nel nostr'occhio non si fa sentire nella direzione nè del raggio nè della Terra, ma della diagonale d'un parallelogrammo (§. 41) formato dalla direzione del raggio e dalla direzione della Terra nel suo moto attuale, che è quella della tangente della sua orbita al punto in cui si trova nel giungervi il raggio; i lati del qual parallelogrammo sono nel rapporto delle velocità o degli spazj percorsi nel tempo stesso dal raggio e dalla Terra: di modo che il luogo apparente della stella dee trovarsi al punto del Cielo dove va a terminar la diagonale (319). 3.° Tuttodì ve-

(319) A illustrazione di quanto qui si dice dall' A. è da notarsi che 1.° quando l'intimo satellite A di $\mathcal{Z}$ G (fig. LXIV) s'immerge dal punto A della sua orbita ABC nell'ombra di $\mathcal{Z}$ e quindi ne emerge dal punto B, se la $\mathcal{Z}$ T è nel punto T della sua orbita TD in congiunzione col $\odot$ S, le dette immersioni ed emersioni si veggono 16' 15" prima di quando è la $\mathcal{Z}$ in D in opposizione col $\odot$. Onde essendo TD il diametro dell'orbe terrestre dovrà dirsi, che 16' 15" ci vogliono ad un raggio luminoso per

diamo in un gran numero di fenomeni il fluido luminoso per così dir comandare con la sua presenza la separazion de' principj che entrano in una combinazione, unirsi a preferenza ad uno di essi, e con la sua unione comunicargli delle proprietà affatto nuove. A

giungere da T in D, e però per iscorrere $SD = ST = \frac{T D}{2}$;

ossia per giunger dal Sole a noi, il fluido luminoso richiede il tempo di circa $8' 7''$. Il che fa conoscere la gran velocità, mentre essendo secondo la Lande $SD = 34$ milioni di leghe, le scorre in poco più di mezzo quarto d'ora: cioè il fluido luminoso è 10313 volte più veloce della ζ , che nella sua velocità media in $1''$ fa 7 leghe; poichè si ha $365^{\text{t.}} 5^{\text{or.}} 49' : 360^{\circ} :: 8' 7'' : x = 20''$ arco dell'orbita terrestre scorso dalla ζ in $8' 7''$, e si sa dalla Trigonometria che il raggio d'un circolo corrisponde prossimamente ad un arco di $3438'$, e però si ha la ragione $3438' : \frac{20''}{60''} (= \frac{1}{3})$, o $\frac{10314}{3} : \frac{1}{3} :: 10314 : 1$ (o per compensar

l'arco di $3438'$) :: $10313 : 1$. 2.° Se dalla stella A (fig. LXV) viene a noi un raggio luminoso, che può considerarsi come un corpo che da A cade in C, e se CD è una porzion dell'orbita terrestre di $20''$ (la corda CD si suppone eguale all'arco di $20''$ che le corrisponde essendo quest'arco sì piccolo), e se BC è lo spazio percorso dal detto raggio in $8' 7''$ nel tempo in cui la ζ descrive l'arco o la corda CD, il corpo lucido C sarebbe in B quando la ζ fosse in D, e arriverebbero insieme ambedue in C; onde CB e CD esprimono le velocità della luce e della ζ in $8' 7''$. Perciò tirando BE parallela ed eguale a CD, e terminando il parallelogrammo BDCE, si può (§. 41) riguardare la velocità CB della luce come risultante da due velocità nelle direzioni BE e BD. Ma essendo BE e CD eguali e parallele, resta solo per l'impressione dell'occhio la sola parte BD della velocità della luce, e così il raggio verrà al nostr'occhio sotto la direzione BD, e noi crederemo la stella nella linea BD, o CE parallela a BD; onde l'angolo BCE è ciò che chiamasi *angolo d'aberrazione*. V. La Lande §. 2827 eo. e Bossut, *Storia delle Matemat.* 3.° Milano 1803, T. 4.° pag. 299.

me sembra che questo gioco d'attrazioni elettive imperato dal fluido luminoso militi fortemente in favor del sistema dell'emanazione (§. 242).

652. Fra tutte le obiezioni per combattere il sistema dell' *emissione*, la sola che meriti qualche attenzione è questa: se un raggio luminoso è una fila non interrotta di corpiccioli emanati dal corpo lucido, come mai dal tempo da che il Sole illumina l' Universo, nulla ha quest' astro perduto sensibilmente di sua sostanza?

Ora 1.° la materia luminosa a ogn' istante lanciata dal Sole può benissimo essergli rinviata in gran parte dalla riflessione che ella prova ne' pianeti: 2.° le comete che talora si trovano vicine al Sole, posson contribuire alla riparazione delle di lui perdite con la gran quantità di vapori e di esalazioni che vi diffondono: 3.° i raggi luminosi son composti di molecole tanto tenui, che 1 poll. cub. di materia luminosa basta per illuminar l' Universo per lunghissimo tempo; giacchè è dimostrato (320) che data una piccolissima porzion di materia si può dividerla in parti tanto disciolte, che se ne riempirà un dato spazio ancorchè esse abbian fra loro degli intervalli minori di $\frac{1}{1000000}$ di linea, cioè una piccolissima porzion di materia luminosa è sufficiente a riempire per secoli uno spazio eguale all' orbe di Saturno (321) (A'').

(320) V. Nieuwentiit (*L'existence du Dieu* pag. 400) e Keill (*Introductio ad veram Physicam* pag. 56 ec.).

(321) Uno de' più forti contraddittori dell' *emanazione* o *emissione* del fluido luminoso è il grand' Eulero, su cui può vedersi Montucla (*Hist. de Mathem.* T. III. p. 600) qualora si manchi della storia dell' Ottica di Priestley. Londra, 4.° 1772. Ma benchè più probabile sia l' opinione di Newton, che però non è senza qualche difficoltà, pure dobbiam rammentarci con Alembert (*Enciclop.* art. *lumiere*), che le due opinioni (di Cartesio e di Newton) non son dimostrate.

C A P. II.

Indebolimento del fluido luminoso.

653. Chiamasi *mezzo* uno spazio qualunque che è attraversato dai raggi luminosi: il quale se è assolutamente vuoto o pieno d'una materia che non oppone ostacolo al loro moto, dicesi *mezzo libero*; e dicesi *diafano*, se è pieno di una materia che dà al fluido luminoso un passaggio più o meno facile. I raggi poi che concorrono in un punto o che vi concorrerebbero se fosser prolungati, diconsi *convergenti*, dei quali i più convergenti fanno il più grand'angolo; e quelli che parton da un punto o che si muovon come se ne partissero, diconsi *divergenti*, i quali sempre più si dispergono. Ora se il fluido luminoso si propagasse in un mezzo libero, la di lui azione non soffrirebbe alterazione veruna seguitando le direzioni parallele, mentre essa non può indebolirsi, almeno se i suoi raggi non divengon più rari nel medesimo spazio o la lor velocità non diminuisce, il che non accaderebbe mai se il fluido luminoso si propagasse in un mezzo libero seguendo delle direzioni parallele. Ora l'intensità d'azione del fluido luminoso che in un mezzo libero si propaga con raggi convergenti o divergenti, segue la ragion inversa del quadrato della distanza dal corpo lucido. Poichè questo può riguardarsi come il centro d'una sfera luminosa che s'estende indefinitamente nello spazio, e questa sfera come un composto di con i cui vertici sono al centro; onde in un mezzo libero lo stesso numero di raggi attraversa successivamente diverse sezioni del cono stesso fatte parallelamente alla base, e però l'intensità d'azione de' raggi luminosi è nella ragion inversa della grandezza delle sezioni, le quali son fra loro come i quadrati delle lor distanze rispettive dal corpo lucido. Dunque in un mezzo libero

l'indebolimento del fluido luminoso segue la ragion' inversa del quadrato della distanza dal corpo lucido. Quindi se non si riguarda che la divergenza de' raggi, l'intensità della luce scema nella progressione $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$ ec. ec. (322).

(322) Se A (*fig. LXVI*) è il punto raggianti, FAG il cono formato da una porzion di raggi divergenti, BC un cartone da presentarsi al cono luminoso a varie distanze da A, si formeran sul cartone varj circoli BC, DE, FG tanto maggiori quanto più lontano sarà il cartone da A. Ora la luce stessa che è in principio raccolta in A si diffonde poi in BC, quindi in ED, poi in FG ec., e perciò vi è tanto meno densa quanto meno spazio ella occupa. Dunque debbonsi paragonar fra loro questi spazj per aver la varia rarefazion di luce che gli illumina. Onde se $AI = 1$, $AM = 2$, $AN = 3$ ec., la densità della luce in CB sarà 1, in ED sarà $\frac{1}{4}$, in FG sarà $\frac{1}{9}$ ec., cioè sarà nella ragione inversa de' quadrati delle distanze. In fatti ne' due circoli BC, DE, per i triangoli simili BAC, DAE, i loro lati omologhi o basi BC, DE, che son nel tempo stesso i diametri de' circoli BC, DE, stanno in ragion delle loro altezze o distanze AI, AM; dunque $BC : DE :: 1 : 2$; ma i circoli sono in ragion de' quadrati de' loro diametri, dunque la superficie del circolo BC sta a quella di DE :: $1^2 : 2^2 :: 1 : 4$, cioè la luce nel circolo DE alla distanza 2 è più divisa e meno densa che in BC alla distanza 1 per 4 volte. Per l'istessa ragione vi è ella meno densa 9 volte in FG ec. ec. Però siccome se in D ed E (*fig. LXVII*) siano due lumi eguali, si avrà una stessa luce ne' due punti G ed I egualmente distanti da D ed E; così se si voglia il rapporto della luce in C, punto di mezzo fra D ed E, alla luce in G, fatto $DG = m$

e $GE = n$ e $DC = \frac{m+n}{2} = a$, e fatto 1 il chiaror della luce in C prodottavi da D ed E separatamente, la luce in G prodotta da D sarà $\frac{a^2}{m^2}$, e la luce pure in G prodottavi da E sarà $\frac{a^2}{n^2}$; onde la luce prodotta in G dai due

654. Se poi non si considera che la densità d' un mezzo diafano omogeneo da attraversarsi dal fluido luminoso, l' intensità di sua azione decresce in una progression geometrica. Infatti supponghasi il mezzo diviso in più strati dell' istessa grossezza e densità, e sia $\frac{1}{n}$ il numero delle parti solide che in ogni strato resistono invincibilmente al passaggio del fluido luminoso. È chiaro che se un fascetto di raggi rappresentato da 1 cade su questo mezzo, il numero de' raggi intercetti dal primo strato è $\frac{1}{n}$, onde il numero de' raggi che

il primo strato lascerà passare sarà $1 - \frac{1}{n} = \frac{n-1}{n}$. Il secondo strato è eguale al primo, dunque il numero dei raggi intercetti dal secondo è rispettivamente eguale al numero dei raggi intercetti dal primo, e deve esser perciò espresso per $\frac{n-1}{n^2}$; onde il numero dei raggi a cui dà

lumi insieme D ed E sarà $\frac{a^2}{m^2} + \frac{a^2}{n^2} = \frac{a^2}{m^2 n^2} (m^2 + n^2)$, mentre la prodotta in C dai medesimi insieme è 2: cioè la luce totale in G sta alla totale in C :: $\frac{a^2}{m^2 n^2} (m^2 + n^2) :$

$2 :: a^2 (m^2 + n^2) : 2m^2 n^2$. Dove fatto $m=2$ e $n=6$, ovvero $m=3$ e $n=5$ ec., sarà $a=4$, e $a^2 (m^2 + n^2) = 640$ ovvero 544 ec., e $2m^2 n^2 = 288$ ovvero 450 ec., cioè la luce in C è sempre minore che in G ec. ec.

Dunque 1.° a una certa distanza non dobbiam più veder gli oggetti, giacchè vi si rarefa talmente la luce che non ha più forza da fare impressione sensibile sull' organo della vista; 2.° la luce nell' esir dal Sole dee avere una gran densità, se alla distanza di 34 milioni di leghe fra noi e il Sole, arrivata a noi tuttor conserva tal forza da far sui nostri occhi sì forte impressione; 3.° sarà anche il calore in B C quadruplo di quello in DE, ec. ec.

passaggio il secondo strato è $\frac{n-1}{n} \rightarrow \frac{(n-1)}{n^2} = \frac{(n-1)^2}{n^2}$, 15

e così quello a cui dà passaggio il terzo è $\frac{(n-1)^3}{n^3}$ ec.

Dunque l'intensità in tal caso decresce nella progressione $\frac{n-1}{n}, \frac{(n-1)^2}{n^2}, \frac{(n-1)^3}{n^3}$ ec. Ora da quanto qui si

è detto si deduce, che in un mezzo diafano e omogeneo l'azione del fluido luminoso i cui raggi divergono partendo dal punto luminoso preso in mezzo, scema secondo la serie

$\frac{n-1}{n}, \frac{(n-1)^2}{4n^2}, \frac{(n-1)^3}{9n^3}, \frac{(n-1)^4}{16n^4}$ ec. (B'').

C A P. III.

Dell' ombra .

655. Un corpo opaco in parte illuminato getta un' ombra, la quale è terminata con linee rette, perchè il fluido luminoso si propaga sempre in linea retta, ed i raggi che lambiscono l'estremità del corpo determinan l'ombra, la quale resta al di dietro dei corpi. Essa è tanto più densa o oscura quanto è più grande l'intensità d'azione del corpo luminoso, perchè, divenendo tanto più sensibile il contrasto della luce che è a contatto dell'ombra, allora il chiarore che spande il fluido luminoso, ha un più sensibil contrasto con l'ombra vicina.

656. Oltre di che l'ombra formata dall'interposizione d'un corpo opaco in un mezzo illuminato e ricevuta su un piano, è sempre terminata da una *penombra* tanto più estesa quanto maggior diametro ha il corpo luminoso, quanto più lontano dal piano che riceve l'ombra è il corpo opaco, e quanto più obliquamente l'ombra è ricevuta sul piano. Sia AB il Sole (*fig. 109*),

ED un oggetto sul piano DI, e si tirino i raggi BF, CG, AH: è chiaro che il Sole intero è visibile allo spettatore che s' avvanza da I verso H, dove giunto comincia a non esser più illuminato dal lembo inferiore A del Sole, e a misura che s' avvanza vede una porzione sempre più piccola del disco solare; in G non ne vede che la metà superiore, in F cessa di vederlo, ed entra nell' ombra pura FD. Dunque vede tanto meno chiaro quanto più s' avvicina alla vera ombra, di modo che lo spazio HF è coperto d' una penombra tanto più forte quanto è più vicina all' ombra pura che comincia in F: e nel triangolo FEH il lato FH che misura la penombra, aumenta 1.^o quando aumenta l' angolo opposto FEH, che misura il diametro apparente dall' oggetto luminoso, 2.^o quando è più grande la distanza ED dell' estremità E del corpo dal piano DI che riceve l' ombra, 3.^o quando son più oblique le rette EH e EF (323). Ed ecco il perchè il termine dell' ombra de' corpi illuminati dal Sole è sempre confuso, soprattutto quando l' ombra è lungi dal corpo che la produce; e il perchè il diametro del Sole vedesi sotto un angolo di circa 32'; poichè la grandezza FH della penombra d' un oggetto sta alla distanza dell' estremità E dell' oggetto dal principio F dell' ombra pura come il seno di 32' sta al seno dell' angolo EHD dell' altezza apparente del lembo inferiore del Sole al di sopra del piano DI che riceve l' ombra. Lo

(323) Perciò 1. Data l' altezza del nostro campanile ED (= br.^a 144) e l' angolo CGD (= 39° 18') dell' altezza del Sole sull' orizzonte, trovare la lunghezza dell' ombra DG sul piano orizzontale DI. *Risp.* Sarà $\text{Log. DG} = \text{Log. } 144 + \text{Log. cos. } 39^\circ 18' - \text{Log. sen. } 39^\circ 18' = 2,2353489$, e però DG = 172 incirca. Se CGD = 45°, sarà DG = ED.
 2. Dato il bastone GK = 2, il quale faccia l' ombra GH = 3, e data l' ombra DH = 30 prodotta da ED, trovare l' altezza ED. *Risp.* Si ha GH : GK :: DH : ED = 20.

stesso dicasi della Luna, e in generale di tutti i corpi luminosi che hanno un diametro sensibile.

657. Se un corpo luminoso ha una forma sferica come il corpo opaco che illumina, ne illuminerà una parte tanto più piccola e vi impiegherà una parte di sua superficie tanto più grande, quanto sarà più piccolo; e sarà il contrario, se è più grande; e se hanno lo stesso diametro, la metà della superficie del corpo lucido illumina la metà della superficie del corpo opaco. Infatti sia il globo luminoso B (fig. 110), che illumini il globo C d'un maggior diametro. La parte del globo C che ne è illuminata, è determinata dagli ultimi raggi che posson giungervi, e però dai raggi che lo toccano: parimente gli ultimi raggi di B che possono illuminar C, non possono esser che raggi tangenti, onde le tangenti LP e KO determinano e gli ultimi punti illuminanti L e K e gli ultimi illuminati P ed O. Sopra BC alziamo i diametri perpendicolari HI e MN, che divideranno in mezzo le circonferenze de' due globi B e C; se da' punti B e C tiriamo sulle tangenti le normali BL, BK, CP, CO, esse determineranno i punti di contatto: onde l'arco LRK, più grande della semi-circonferenza, rappresenterà la parte illuminante; e l'arco PSO, minore della semi-circonferenza, la parte illuminata. Se al contrario C è il corpo luminoso e B l'opaco, l'arco PSO sarà la parte illuminante e LRK l'illuminata. Finalmente se i globi sono eguali, le tangenti son parallele e passano per le estremità de' diametri HI e MN, e però l'arco illuminante e l'illuminato eguagliano ciascuno una semi-circonferenza. Dal che segue 1.° che per i triangoli rettangoli simili LBH, PMC, KBI, OCN, gli archi LH, PM, KI, ON son d'un medesimo numero di gradi; e perciò, per valutar la circonferenza intera, l'arco d'un globo che misura la larghezza della parte illuminante, è ciò che manca all'arco che misura la larghezza della parte illuminata dell'altro globo: 2.° e parimente l'arco oscuro

Tom. III.

2

del globo illuminato ha tanti gradi quanti ne ha l'arco illuminante del globo luminoso, e l'arco illuminato ne ha tanti quanti quello che non illumina: 3.° per i triangoli rettangoli simili ABL e BLH, l'angolo $BAL = LBH$; cioè l'eccesso dell'arco illuminato sull'arco oscuro o la differenza fra la parte illuminante e l'illuminata, è misurata dall'angolo LAK dei raggi tangenziali: 4.° un globo illumina la metà d'un globo che gli è eguale, a qualunque distanza sieno l'uno dall'altro; ma un globo che ne illumina un più piccolo, ne illumina una parte tanto più grande quanto ne sarà più vicino e viceversa, perchè quanto più son vicini i globi, tanto è più grande l'angolo PAO delle tangenti; però la parte illuminata più che mai supererà quella che non lo è, onde non può vedersi con un occhio solo la metà d'un globo, di diametro maggiore dell'apertura della pupilla; il Sole illumina più della metà d'ogni pianeta, e la Luna in opposizione col Sole illumina meno della metà della Terra: 5.° l'ombra che getta un globo illuminato da un globo che gli è eguale, è cilindrica e infinita; perchè è terminata da de' raggi paralleli e che attorniano una circonferenza di circolo: 6.° l'ombra d'un globo illuminato da un più grosso, è un cono finito come KAL: 7.° l'ombra QPOV d'un globo C illuminato da un più piccolo B, s'estende all'infinito in un cono tronco: 8.° facilmente si determina la lunghezza dell'asse BA del cono d'ombra del più piccolo globo, dati i semidiametri BK e CO e la distanza BQ de' centri de' due globi; perchè se si tira KD parallela a BC, per le parallele BK e CO si ha $BK = CD$, e $BC = KD$; ma per i triangoli simili KDO e ACO si ha $DO : OC :: DK : CA$, ossia $CO - BK : CO :: CB : CA$; dove sottraendo BC da CA, resta BA che si cerca. Così se sia B la Terra, C il Sole, $BK = 1$, $CO = 80,5$ e $BC = 17189$, si ha $BA = 216$ raggi terrestri.

C A P. IV.

Delle apparenze degli oggetti.

Le apparenze di cui quì si tratta, riguardano specialmente la grandezza, la figura, la confusione, l'oscurità, il numero e il moto degli oggetti.

658. *Grandezza apparente degli oggetti.* Si chiama *angolo ottico* quello che è formato dai raggi, che partendo dalle estremità d'un oggetto vengono a riunirsi alla pupilla dell'occhio: dalla grandezza di quest'angolo appunto giudichiamo, nelle grandi distanze, della grandezza degli oggetti. Ora non possiamo giudicare della grandezza d'un oggetto, che per quella dell'immagine che si forma sulla retina; la quale è sensibilmente come quella dell'angolo ottico, giacchè l'immagine è la base dell'angolo interno che ha il suo vertice alla pupilla dell'occhio; e comechè questa base aumenta sensibilmente quando l'angolo divien più grande, così aumentando l'angolo ottico aumenta l'immagine; e però giudichiamo della grandezza degli oggetti dalla grandezza dell'angolo ottico.

659. Non è però così nelle piccole distanze. Un oggetto visto alla distanza di 4 passi ci comparisce della stessa grandezza che ad una distanza doppia, e intanto in queste due posizioni gli angoli ottici sono :: 2 : 1. È l'abito che abbiamo di vedere gli oggetti a piccole distanze, che ci fa acquistare una cognizione esatta delle lor vere dimensioni, e che ci libera dall'errore a cui ci trarrebbe la differente grandezza dell'immagine. Ed è ciò tanto vero che se vediamo uno davanti a noi in distanza di 40 passi, non ci comparisce d'una piccolezza tale quale ci comparirebbe se essendo noi al basso d'una torre della medesima altezza lo vedessimo alla cima; perchè non essendo abituati a veder gli oggetti di giù in sù e a conoscere per l'esperienza

queste specie di distanze, non siamo più nel caso di giudicare come ne' casi ordinarij, e allora determiniamo il rapporto della grandezza degli oggetti da quella specialmente delle immagini che essi formano sulla retina (324).

660. Sembra poi che gli oggetti situati nel modo stesso scemino di grandezza a misura che s'allontanano da noi: poichè, siccome le dimensioni di essi son le basi costanti d'un triangolo i cui lati son le distanze delle lor due estremità dall'occhio, e siccome aumentando i lati a misura che s'allontana l'oggetto, aumentano ancora i loro angoli opposti; così l'angolo formato alla pupilla opposto al lato costante deve sempre diminuire, e formar nell'occhio delle immagini che semano a proporzione. Dal che segue, che 1.^o quando gli angoli ottici son piccolissimi, le grandezze apparenti degli oggetti sono in ragione inversa delle lor distanze dall'occhio, giacchè, quando gli angoli

(324) Sta al Metafisico a rammentarsi, che la distanza e grandezza *reale* degli oggetti si prende da noi in prima origine per mezzo del tatto, come per mezzo del moto del nostro corpo, del camminare, dello stendersi ec.: ed è solamente l'uso inveterato del tatto quello che facendoci *associar* le idee ci fa spesso giudicare delle distanze e grandezze con la sola vista, la quale ci dà così la distanza e grandezza *apparente* degli oggetti, da cui intanto rileviamo un'idea della *reale*; giacchè in distanze eguali le grandezze apparenti sono in ragion delle reali, e però meglio ne giudica chi è già avvezzo a misurare in pratica come sono i geometri, i cannonieri, i marinari ec. Che cosa è infatti la grandezza e estensione d'un oggetto se non la distanza delle estremità o degli angoli di un oggetto? Che cosa è la distanza fra due e più oggetti o fra essi e lo spettatore se non l'estensione intermedia? Qui si noti l'errore di Smith il quale disse, che anche la distanza apparente degli oggetti dipende soltanto dalla lor grandezza apparente o angolo ottico; errore confutato dall'esperienza e dal P. Fontana Scolopio nel T. IV, della Storia Matematica di Bossut. Milano 1803. 8.^o pag. 262.

non picciolissimi, i lati misuran le distanze (325):
 2.° parti eguali d'un oggetto molto grande e lontanissimo da noi non compariscono eguali, perchè le parti più distanti da noi debbon sottendere angoli ottici più piccoli e viceversa: 3.° può accadere che la più piccola delle due parti d'un oggetto comparisca la più grande delle due, se è situata in modo che sottenda un più grand'angolo ottico.

661. Similmente due o più linee parallele prolungate a una gran distanza, debbono apparentemente concorrer fra loro e formare un angolo alla loro estremità, perchè le distanze de' loro punti corrispondenti sono eguali, onde le linee che le misurano sottendono angoli ottici che decrescono fino a divenire insensibili quando son viste a una grandissima distanza. È per questo che 1.° in una lunga galleria la soffitta comparisce sempre abbassarsi da una parte, e comparisce alzarsi dall'altra, perchè si paragonano le due parti estreme colla linea di livello, che passando per la pupilla si trova al di sopra del livello d'un'estremità e al di sotto del livello dell'altra estremità: 2.° il mare comparisce tanto più elevarsi quanto più è distante dalla riva e si vede da un luogo più elevato, perchè si paragona la sua superficie che è orizzontale, con la linea di livello che passa per la pupilla; i quali due livelli essendo paralleli, sembrano avvicinarsi tanto più quanto più grande estensione di mare vediamo, la

(325) Su ciò V. *Smith* l. c. nel discorso di *Jurin* sul cap. V. del L. I., dove poi (pag. 143) si fa vedere che su questo principio è fondata la prospettiva per la Pittura; come pure vi è fondato il teorema degli architetti e scultori, vanamente impugnato dal cel. *Perrault* (*Archit. P. II. c. 7*), che cioè le statue da porsi sull'alto delle fabbriche debbon esser più grandi del naturale: motivo per cui fu per ignoranza schernita la *Minerva* di *Fidia* veduta nel piano sì deforme e sfigurata, e per cui tali vediamo le pitture della nostra Cupola viste dall'altissima tinghiera e non dal piano.

quale è più considerabile se siamo in un luogo più elevato: 3.^o una torre molto alta comparisce pendente su chi dalla base ne rimira la cima, perchè se la torre ha una situazion perpendicolare all'orizzonte, l'osservatore la paragona alla verticale che passa per il suo occhio, le quali due verticali fra loro parallele apparentemente tendono a riunirsi, e però la torre comparisce pendere in cima: 4.^o se si cammini parallelamente ad un lungo viale d'alberi, le parti che ci sono a destra compariscono pendere verso la sinistra: 5.^o e se siamo fra due file d'alberi, compariscono allontanarsi gli uni dagli altri a misura che ci avanziamo nel cammino ec.

662. *Figura apparente degli oggetti.* È chiaro che questa è determinata dalla situazione de' punti dell'oggetto, che invian de' raggi all'occhio dello spettatore. Onde 1.^o una retta che passasse per il centro della pupilla normalmente alla superficie dell'occhio, se fosse prolungata, non comparisce che come un punto, perchè non vi è che il punto della sua estremità più vicina all'occhio che possa inviarci de' raggi lucidi: 2.^o un piano situato in modo che l'asse dell'occhio prolungato si confondesse con esso, non comparisce che come una linea, perchè non vi è allora che la linea che forma la parte del contorno del piano esposta alla vista, che possa inviarci de' raggi: 3.^o un solido che presenti all'occhio una sola sua faccia, comparisce come una semplice superficie.

663. Una linea lunghissima e lontanissima, regolare o irregolare, presenta allo spettatore situato nel suo piano l'aspetto d'un arco di circolo di cui egli occupa il centro. In fatti nella curva irregolare (*fig. 111*) $GFAE$, per supposizione i punti G, F, A, B, C, D, E , lontanissimi dall'occhio, son nel piano dell'occhio situato in O ; dunque la differenza PD fra OP e OD deve sparire rapporto allo spettatore, e però le linee OP e OD gli compariscono come raggi d'un medesimo circolo; lo stesso è degli altri. Dunque egli

crede d'occupare il centro d' un circolo, e veder tutti questi punti alla circonferenza. Onde 1.° una piccola linea irregolare vista da lontano deve comparir come retta, perchè deve comparir come un arco d' un piccolissimo numero di gradi: 2.° un osservatore posto in un vasto piano terminato irregolarmente crede esser sempre al centro d' un circolo, comparendogli alla circonferenza tutti gli oggetti elevati e lontani: 3.° il Cielo ci comparisce come una sfera scavata, nel di cui asse è il nostr' occhio e nella cui circonferenza son gli astri come attaccati: 4.° le gran città e le foreste compariscono circolari e terminate in anfiteatro quando veggonsi da lontano: 5.° una sfera molto lontana, come il Sole e la Luna, non ci comparisce che come una superficie piana e circolare: 6.° un poliedro tagliato a faccette comparisce come un globo, visto a una mediocre distanza, e come un circolo, visto da lungi: 7.° una torre quadrata comparisce rotonda, se lo spettatore n'è molto lontano.

664. Un poligono regolare dee comparir regolare allo spettatore situato nell' asse del poligono. Il poligono come regolare ha i suoi angoli e lati eguali, ed essendo lo spettatore nell' asse tutti gli angoli o lati del poligono sono egualmente distanti dall' occhio; dunque i lati del poligono debbon comparire eguali e situati tutti nella stessa maniera. Che se lo spettatore n'è fuori dell' asse, i lati essendone disugualmente lontani son visti sotto angoli disuguali, e però comparir devon disuguali; onde un poligono regolare visto obliquamente comparisce allungato, e un circolo comparisce ellittico.

665. *Oscurità e confusione apparente.* Quanto più son lontani gli oggetti tanto più confusi e oscuri ci compariscono, e quanto più son vicini ci si mostrano sotto colori più vivi e più distinti. Ora la visione distinta e la vivacità de' colori dipendono dall' intensità d' azione del fluido luminoso; la quale decresce a misura che l' oggetto s' allontana per l' interposizione del

fluido atmosferico compreso fra l'oggetto e lo spettatore; e però gli oggetti un poco elevati, come i situati sulle cime de' monti, si veggono più distintamente dei situati nel piano, perchè l'aria è tanto meno densa e più spogliata di vapori quanto più son distanti dalla terra gli strati atmosferici. E di più gli oggetti che compariscono oscuri e confusi, compariscono ancor più lontani; il che nasce dall'esser noi avvezzi a non vedere che confusamente gli oggetti lontani (C'').

666. E se più confuso ed oscuro ci diviene un oggetto d'una nota grandezza, fuori però della portata ordinaria di nostra vista, subito lo giudichiamo anche più lontano; e se è egli restato alla stessa distanza, e forma perciò nel nostr'occhio un'immagine non resa più piccola, giudichiamo esser egli aumentato di volume. Così si spiega perchè 1.° il Cielo ci comparisce come una volta schiacciata; poichè la luce degli astri essendo tanto più debole quanto più son vicini all'orizzonte, appariscon tanto più lontani da noi quanto son meno elevati sull'orizzonte, e s'accorcia il diametro verticale del Cielo mentre s'allunga l'orizzontale, il che ci fa comparire il Cielo una volta schiacciata: 2.° il Sole ci comparisce più grande all'orizzonte che allo zenith, mentre perchè il Sole splende all'orizzonte d'una luce meno viva che allo zenith, subito lo giudichiamo più lontano; ma trovandosi alla stessa distanza lo giudichiamo cresciuto di volume all'orizzonte (326): 3.° i fantasmi di notte compariscon più grandi e più lontani del vero.

(326) Pare che a Montucla (*Storia delle Matem.* T. III. pag. 447) non piaccia questa spiegazione data dall'A. sulle tracce di Malebranche e di Hauy (*Phys.* §. 1079); giacchè nel questionar sul perchè il Sole e la Luna all'orizzonte ci compariscon maggiori di quando son verso lo zenit, dice che quest'ingrandimento apparente non è punto prodotto da una più grand'immagine dipintasene nella

667. Inoltre gli oggetti compariscono tanto più grossi e lontani, quanto è maggiore e il numero degli oggetti che si veggono e l'estension del terreno fra l'occhio e gli oggetti, mentre il gran numero d'oggetti intermedj fa nascer l'idea d'una gran distanza e però d'una grossezza maggiore. Onde 1.° l'orizzonte e il Cielo compariscono a contatto fra loro: 2.° quando non si vede una gran valle che si trova in un piano, gli oggetti che nascono al di là compariscono vicini a noi, nè ci accorgiamo della lor gran distanza che quando siamo alla fin della valle: 3.° di sera gli oggetti un poco elevati e bene esposti alla nostra vista compariscono grossissimi e lontanissimi, perchè la notte impedendoci il giudicare della lor distanza, per l'estension del terreno compreso fra loro e l'occhio, gli crediamo all'orizzonte e però grossissimi e lontanissimi.

668. *Numero apparente*. Si forma sul fondo d'ogni occhio un'immagine dell'oggetto, onde le immagini son sempre due benchè per lo più ci compariscan semplici. E accade ciò quando guardando un oggetto con ambedue gli occhi, i due assi della visione cadendo sull'orbita dell'occhio perpendicolarmente e passando per il centro delle pupille, son sensibilmente paral-

retina, ma è bensì soltanto un'illusione ottica, qualunque esser ne possa la causa, che egli tuttavia crede esser sempre il giudizio di una gran distanza occasionato dagli oggetti interposti fra noi e il Sole o la Luna: se ne parlerà anche nelle refrazioni atmosferiche (P. III. c. 5). Ma Smith (l. c. §. 94) seguito dal P. Gregorio Fontana (*Storia delle Matem. di Bossut*. 8.° Milano 1803. T. 4.° pag. 271) l'attribuisce all'opacità dell'atmosfera, che ad una porzione de' raggi solari e lunari impedisce il giungere al nostr'occhio; giacchè la serie de' vapori incontrati da essi è più lunga e più densa presso all'orizzonte; la quale poi divenendo più breve e meno densa a misura che son più elevati gli oggetti luminosi, oppone un minor ostacolo al passaggio de' loro raggi.

leli, mentre allora su due fibre omologhe ed egualmente tese si fanno due impressioni eguali, onde esse confondonsi e fanno in noi nascere una sola sensazione (327).

669. Che se al contrario gli assi della visione non sono sensibilmente paralleli, deve l'oggetto apparirci doppio, mentre allora facendosi su due fibre non omologhe due impressioni, ne risultano due sensazioni distinte. Quindi quando abbiamo un oggetto troppo vicino ai nostri occhi, ci comparisce doppio; come pure gli oggetti compariscono doppij se si fa muover un occhio senza far muover l'altro: poichè nel 1.º caso per guardar l'oggetto bisogna muover la pupilla in senso contrario, e però il moto impresso distrugge il parallelismo degli assi della visione, ondè l'oggetto dee comparir doppio; e nel 2.º caso siccome guardandò l'oggetto naturalmente con ambedue gli occhi i due assi della visione son sensibilmente paralleli, così movendo un sol occhio viene il suo asse a cangiar di posizione, e però si distrugge il parallelismo. Anche gli ubriachi veggon doppij gli oggetti, perchè essendo

(327) L'asse della visione o dell'occhio è una linea condotta per il centro della pupilla e del *cristallino*, e che però cade sul mezzo della retina: i quali assi prolungati de' due occhi chiamansi *assi ottici*. Se si domanda come mai fuori de' casi straordinarj, malgrado la doppia sensazione fatta da un oggetto su i due occhi contemporaneamente, noi vediamo un solo oggetto, dirò con i Metafisici moderni (*Briggs, nova visionis Theoria*, opera interessante per il Fisico e per il Metafisico) che sebbene le immagini d'un oggetto sian dipinte sopra due punti corrispondenti delle due retine, pure il senso predominante del tatto (chiamato a ragione il *senso maestro*) ci ha fin dalla prima infanzia istruiti costantemente esser semplice l'oggetto: come accade riguardo all'udito ad onta delle due orecchie che ricevon' ciascuna la sensazione del suono; e riguardo ai piedi e alle mani, che malgrado il doppio contatto di un corpó ne percepiamo l'idea di quel solo e non di due.

le loro fibre rilassatissime, tener non posson gli occhi diretti nel modo stesso ad un oggetto: e accade lo stesso a chi è sorpreso da una passione eccessiva, come in un accesso di collera, perchè più non è padrone di rivolger gli occhi per allora come vuole.

670. *Moto apparente*. L'oggetto non è sempre riportato al punto in cui è, e spesso lo spettatore si crede in un luogo differente da quello in cui è realmente: chiamiamo *luogo immaginario* dell'occhio quello in cui credesi lo spettatore in riposo, benchè sia animato da differenti moti; e *orbita ottica* dell'oggetto, la curva che rappresenta il suo apparente cammino. Ora se più oggetti posti a differenti distanze dall'occhio muovonsi in direzioni parallele con la stessa velocità, appariranno muoversi con differenti velocità. Infatti movendosi nel tempo stesso con velocità eguali, sono eguali anche gli spazj che percorrono; ma si muovono a differenti distanze in direzioni parallele; dunque spazj eguali son veduti sott' angoli disuguali e però comparir debbono disuguali; dunque gli oggetti sembrano animati da differenti velocità; il più lontano sembra andar più lento, il più vicino più veloce (328).

671. Un oggetto mosso con una velocità qualunque comparisce immobile, se a ogni secondo percorre uno spazio che non faccia nell'occhio che un angolo di 15'' in 20''. Infatti gli astri compariscono non aver alcun moto sensibile alla vista, e intanto a ogni secondo molti di loro percorrono degli spazj che fanno nel

(328) Onde 1.° se essi si muovono con celerità proporzionali alle lor distanze dall'occhio, compariranno muoversi con eguale celerità, giacchè essendo le celerità come gli spazj percorsi nel tempo stesso (§. 14) questi saranno come le distanze dall'occhio, e però compariranno sotto un medesimo angolo ottico: 2.° un oggetto più vicino che si muova più presto di uno più lontano, comparisce muoversi anche più presto di quel che è in realtà.

nostr' occhio un angolo di $15''$. E però su una mostra d' orologio è insensibile il moto della lancetta dell' ore e de' minuti (329).

672. Al contrario un oggetto che si muove con una velocità estrema diviene invisibile, perchè non resta all' occhio tempo sufficiente da formarvisi e distinguerlo in ogni punto del di lui cammino.

Se poi l' occhio è in moto e l' oggetto in riposo, si han le stesse apparenze di quando è l' occhio in riposo, e in moto l' oggetto. Poichè le apparenze relative al moto degli oggetti dipendon dal moto dell' immagine che si forma sulla retina, e il moto dell' immagine è ad evidenza lo stesso o sia l' occhio in moto e l' oggetto in riposo, o sia l' occhio in riposo e l' oggetto in moto. Così uno in un vascello in moto si crede stare in un medesimo posto, mentre gli sembra che muovansi in senso contrario gli oggetti sulla riva; e così per una simile illusione il Sole e gli astri ci sembrano girare intorno alla Terra in 24^{or} .

673. Le rette tirate dai punti della via effettiva dell' oggetto ai punti in cui effettivamente nel tempo stesso ritrovasi l' occhio dello spettatore, sono eguali e parallele alle linee omologhe tirate dal luogo immaginario dell' occhio ai luoghi ottici dell' oggetto. Infatti siano (fig. 112) A, B, C differenti punti del vero cammino dell' oggetto, ed a, b, c i punti del vero cammino dell' occhio percorsi nel tempo stesso, mentre il luogo immaginario dell' occhio è in S. Se si tirano eS, fS, dS eguali e parallele ad Aa, Bb, Cc , i punti e, f, d forman la via ottica dell' oggetto. Poichè tutti i punti dell' orbita ottica dell' oggetto esser debbono situati per rapporto al luogo immaginario dell' occhio nel modo stesso che lo sono i

(329) Porterfield dalle sue esperienze sulla visione, del le quali ci ha dato l' estratto Priestley nella sua storia dell' Ottica, rilevò che un oggetto in moto ci comparisce fermo se lo spazio da lui percorso in $1''$ è 1409 volte minore della sua distanza da noi.

punti omologhi dell' orbita vera dell' oggetto per rapporto ai punti corrispondenti dell' orbita vera dell' occhio: se non fosse così, sarebbe nulla l' illusione ottica. Perciò le rette tirate dai punti della vera via dell' oggetto ai punti in cui l' occhio dello spettatore realmente si trova nel tempo stesso, sono eguali e parallele. Dunque 1.^o il vero luogo e il luogo immaginario dell' occhio, il vero luogo e il luogo apparente dell' oggetto formano sempre un parallelogrammo, in cui il vero luogo dell' oggetto e il luogo immaginario dell' occhio son sempre alle estremità di una diagonale, e alle estremità dell' altra diagonale sono il vero luogo dell' occhio e il luogo ottico dell' oggetto. 2.^o Supposto l' oggetto immobile in A , se il luogo immaginario dell' occhio sia (fig. 113.) in S , e il suo cammino effettivo sia a, b, c , il suo cammino ottico è una linea h, g, f eguale al cammino vero dell' occhio e situata in un piano parallelo: poichè per i parallelogrammi ah, bg, cf , di cui SA è una comun diagonale e nel tempo stesso un' intersezione comune de' loro piani, e le cui basi SA, Sb, Sc son situate in un medesimo piano che è quello del cammino dell' occhio, le lor parallele ed eguali Ah, Ag, Af esser debbono in un medesimo piano parallelo al piano del cammino dell' occhio dello spettatore, e formare gli angoli hAg, gAf eguali agli angoli aSb, bSc ; onde i punti h, g, f esser debbono in una linea eguale ad abc e in un piano parallelo, ma in una situazione roversciata, cioè se l' oggetto è nel piano del cammino dell' occhio, il cammino apparente dell' oggetto si trova pure in questo piano. 3.^o Se l' oggetto è senza moto, e posto in un luogo dove lo spettatore si creda in riposo, l' oggetto apparisce all' estremità d' una linea eguale, e situata nella stessa direzione della linea tirata dal vero luogo dell' occhio al suo luogo immaginario. Se l' occhio si muove in un circolo il cui centro sia occupato dall' oggetto, e dove credesi in riposo lo spettatore, si trovano sempre alle estremità del

medesimo diametro il luogo ottico dell'oggetto e il luogo reale dell'occhio; e comechè le estremità del medesimo diametro si muovon sempre nel senso stesso, l'oggetto apparisce descrivere il medesimo circolo che realmente è descritto dall'occhio, e secondo la stessa direzione. Così ci sembra muoversi il Sole d'occidente in oriente nell'eclittica, perchè lo spettatore terrestre che in realtà la descrive, si crede immobile nel suo centro che realmente è occupato dal Sole.

P A R T E II.

Del fluido luminoso riflesso.

C A P. I.

Leggi generali.

674. Giacchè in questa II.^a Parte del Trattato della Luce dee discorrersi (§. 647) del fluido luminoso nel suo stato di composizione quando arriva all'occhio dopo essersi *riflesso*, prima d'ogn'altra cosa si dee fissare, che tutti i corpi visibili senz'esser luminosi hanno la proprietà di *rifletter* la luce. Quando la lor superficie è piena di scabrosità, la riflettono in tutti i lor punti per ogni direzione cioè irregolarmente; ma se ripulendoli con lo sfregamento se ne fa sparire l'ineguaglianza troppo sensibile delle superficie, la riflessione si fa in tutti i lor punti verso un medesimo lato cioè regolarmente. Un raggio di luce AC (detto *incidente*) cada obliquamente (*fig. 114*) sulla superficie piana DE, e sia CO la normale su questa superficie: è CB il raggio *riflesso*; dove l'angolo ACO dicesi angolo d'*incidenza*, e OCB di *riflessione*.

675. Ora l'esperienza ci mostra, che l'angolo di ri-

Riflessione è eguale all'angolo d'incidenza: poichè se per un piccolo orifizio si fa cadere un raggio solare sopra uno specchio in una camera oscura, si vede riflettersi e far l'angolo di riflessione eguale all'angolo d'incidenza. Dalla qual legge risulta, che il fluido luminoso si allontana da un corpo, dopo averlo urtato, con una forza eguale a quella che l'animava avanti l'urto. Decomponghiamo la forza rappresentata da AC in due altre AO e OC (§. 41), supposta AO parallela e OC normale al piano riflettente, e prolunghisi AO. La forza che ha questa direzione non soffre punto per l'azione del piano, e però sono eguali AO ed OB. Se il fluido luminoso s'allontana dal piano con la stessa velocità con cui vi è giunta, la forza che fa nascer la riflessione è rappresentata da CO, e in tal caso il raggio riflesso passa per B, cioè l'angolo $OCB = OCA$, come insegna l'esperienza (330).

676. Ogni punto d'uno specchio riflette i raggi che vi cadono da tutte le parti d'un oggetto: e comechè i diversi raggi che parton da un oggetto luminoso non posson riflettersi dal medesimo luogo di uno specchio verso lo stesso punto, ne segue che i raggi provenienti dai diversi punti d'un oggetto si separan dopo la riflessione, e mostra ciascun di essi il punto d'onde è partito. Dal che nasce indubitatamente, che i raggi riflessi

(330) Perchè essendo eguali i triangoli ACO e BCO per avere gli angoli retti AOC e COB rinchiusi fra il lato CO comune e i lati AO e OB eguali, son pure eguali gli angoli ACO d'incidenza e OCB di riflessione. Infatti posto normalmente sopra uno specchio DE un semicircolo graduato DABE in modo, che il di lui centro sia in C, dove v'è a cadere il raggio solare introdotto in una camera oscura per un foro d'un'imposta di finestra, se il raggio incidente AC vi entra per es. ai 30° , anche il raggio riflesso CB v'è nell'altro quadrante ai 30° .

degli specchj rappresentan l'immagine degli oggetti situati dirimpetto, e che l'immagini degli oggetti non si dipingon punto su i corpi di superficie non lustra, i quali senza riflettere il fluido luminoso confondono inoltre i raggi con le loro eminenze e cavità.

677. Se poi cangian di posto scambievolmente l'occhio ed il punto luminoso, il raggio si rifletterà verso l'occhio col prender lo stesso cammino di prima, perchè il raggio che era riflesso diviene incidente; e quindi mentre questo dee riflettersi sotto un angolo eguale a quello d'incidenza, il raggio che prima era incidente, ora diventerà riflesso.

678. Finalmente il piano di riflessione, cioè il piano in cui si trovano i raggi incidenti e riflessi, è perpendicolare alla superficie dello specchio; e negli specchj sferici passa per il centro. Per convincersi dell'esistenza di questa legge basta considerare, che la riflessione dee farsi nel piano in cui cade la normale al piano, perchè il raggio vien rispinto dallo specchio nella direzione di questa linea. Tutte le quali leggi provano delle modificazioni, che come vedremo dipendon dalla forma degli specchj riflettenti (Cap. 3, 4 ec.).

C A P. II.

Degli specchi piani.

679. Chiamasi *specchio* un corpo qualunque la cui superficie è levigata in modo da rifletter regolarmente il fluido luminoso, la quale se è piana lo specchio dicesi *piano*. Per lo più si fanno gli specchi di metallo o di cristallo amalgamato; e benchè questi sian più in uso perchè hanno un pulito e un levigato più bello e durevole, pure talora ad essi che quasi sempre danno due immagini, si preferiscono i primi nella fabbrica de' telescopj e in generale di tutti gli stra-

menti dove è necessaria una gran precisione. Dicesi *punto luminoso* il punto donde partono i raggi, o il corpo risplenda per un chiarore suo proprio o rifletta soltanto il fluido luminoso; quello del concorso dei raggi convergenti dicesi *foco*; e quello in cui si riunirebbero i raggi convergenti nel continuare il lor cammino per il medesimo mezzo, o quello donde sarebbero partiti i raggi divergenti prolungati in linea retta, si chiama *foco immaginario* (fig. 115). Sia R il punto luminoso, e bc la superficie d'uno specchio piano. Prolunghiamo il piano dello specchio, e da R abbassiamo sul prolungamento la normale RC . Se si prolunga questa normale in modo che sia $Cr = CR$, r sarà il foco immaginario de' raggi riflessi che parton da R . Sia Rb un raggio incidente, e bf il riflesso, che suppongo prolungato al di là dello specchio. Poichè l'angolo d'incidenza è eguale a quello di riflessione (§. 675), saranno eguali anche i lor complementi RbC e fbC , e però l'angolo rbC opposto al vertice ad fbC è eguale a RbC ; dunque i triangoli rettangoli RbC e rbC son simili ed eguali per aver comune il lato Cb ; dunque $CR = Cr$. Lo stesso può dirsi di tutti gli altri raggi che parton dal punto R concepiti in qualunque piano normale al piano dello specchio; onde in qualunque luogo sia lo spettatore (331), se i raggi riflessi vengono a lui, penetre-

(331) E' dunque facile, data la posizione dell'oggetto A e dell'occhio B , trovare (fig. LXVII) il punto C di un dato specchio piano DE , da cui il raggio AC venga riflesso all'occhio in B onde veggia l'immagine dell'oggetto A . Poichè prolungato AG in F finchè sia $FG = GA$, e tirata FB , il punto C d'intersezione con DE sarà il punto cercato; perchè tirato il raggio incidente AC , per i due $\Delta\Delta$ rettangoli eguali AGC e GCF si hanno anche gli angoli ACG e GCF eguali; ma $GCF = BCE$ perchè opposti al vertice; dunque BCE è l'angolo di riflessione formato nel punto C richiesto.

Tom. III.

3

ranno l'organo della vista come se partisser da r , cioè in questo punto è situata l'immagine del punto R . Da ciò segue che 1.° negli specchi piani l'immagine è sempre dietro lo specchio, e alla stessa distanza nella parte posteriore in cui è l'oggetto dalla anteriore; 2.° l'immagine è sempre diritta, mentre perchè fosse rovescia, bisognerebbe che i raggi s'incrocicchiassero passando per il centro, il che non può essere negli specchi piani la cui distanza dal centro di sfericità è ad evidenza infinita: 3.° l'immagine esser deve eguale e simile all'oggetto, poichè è chiaro che l'immagin d'ogni punto dell'oggetto si trova in una retta tirata da questo punto normalmente alla superficie dello specchio; onde l'immagine e l'oggetto si trovano fra due parallele tirate dalle due estremità dell'oggetto normalmente alla superficie dello specchio, e però l'immagine dev'esser eguale e simile all'oggetto: 4.° se si guarda in uno specchio piano, il lato dritto del corpo vi vien rappresentato dalla parte sinistra e viceversa: 5.° allorchè uno s'avvicina o s'allontana dallo specchio piano, l'immagine pure o se ne avvicina o se ne allontana.

68^a. Ma in uno specchio orizzontale gli oggetti dritti debbon comparir rovesciati, perchè in uno specchio piano l'immagine e l'oggetto si trovano in sensi

Da questo principio e dagli altri che seguono, nascono molte conseguenze e varj fenomeni graziosi sugli specchi piani, che posson vedersi in Deohales, Smith, Musschembroek ec. Così se BI è l'altezza d'un uomo, e AG una torre di cui si voglia l'altezza, se C è il punto di riflessione del raggio visuale BQ in uno specchio C posto sul terreno orizzontalmente, i due $\Delta\Delta$ rettangoli simili AGC e QBI danno $IC : IB :: GC : AG$ ec. ec. E se si fa una cassetta poligona con rivestirne i suoi piani laterali, normali al fondo, di tanti specchi piani, e sulla base o fondo si pongono degli oggetti, veduti questi per un foro opportuno fatto in un lato compariranno moltiplicati all'eccesso in diverse distanze ec. ec.

opposti, alla stessa distanza dallo specchio; le parti dell'oggetto le più vicine allo specchio debbon essere ancora le più vicine nell'immagine, e però gli oggetti che son diritti debbon comparir rovesci in uno specchio orizzontale. Così gli alberi sulle rive dei fiumi compariscon' aver nell'acqua una situazion rovesciata.

681. Oggetti poi orizzontali compariscono in situazione verticale, e viceversa, se lo specchio piano è traverso il quale si veggono, fa con l'orizzonte un angolo di 45° , giacchè l'oggetto essendo lontano dallo specchio per 45° , l'immagine è alla stessa distanza dallo specchio; dunque l'oggetto è lontano dall'immagine per 90° . Perciò lo specchio ottico fa con l'orizzonte un angolo di 45° , mentre delle carte orizzontali ci compariscono aver una posizione verticale.

682. L'immagine d' un oggetto situato parallelamente alla superficie d' uno specchio piano, compare non occupar nello specchio che uno spazio eguale alla metà di quello che occupa l'oggetto (fig. 116). Sia AB una dimensione qualunque d' un oggetto parallelo allo specchio IC ; sia ab l'immagine di AB ; da un punto P di AB tirate Pa , Pb . È chiaro che IE è la parte dello specchio occupato dall'immagine ab , e poichè IC è precisamente nel mezzo fra AB e ab , la parte IE non è che la metà di ab o di AB ; onde per vedersi uno tutt' intero in uno specchio verticale bisogna, che egli abbia almeno la metà della larghezza ed altezza di chi vi si guarda stando in piedi.

683. Se uno specchio piano gira su un asse, il moto angolare del raggio riflesso è doppio di quello dello specchio, perchè l'angolo di riflessione essendo eguale a quel d' incidenza, se il raggio incidente fa con lo specchio un angolo di 20° , lo fa anche il riflesso. S' avvicini all' incidente lo specchio per 10° ; s' allontana egli per 10° dal riflesso; dunque in questo pri-

mo istante lo specchio è lontano dall' incidente per 10° e dal riflesso per 30° ; dunque perchè l'angolo di riflessione resti eguale a quel d'incidenza, il riflesso deve avvicinarsi allo specchio per 20° , e però il moto angolare del raggio riflesso è doppio di quello dello specchio. Onde se si fa descrivere un quarto di circonferenza ad uno specchio, il raggio riflesso descriverà una semicirconferenza; e per questo si dà un moto sì rapido alle immagini del sole presentato allo specchio, e la di lui immagine riflessa da un'acqua quieta comparisce sempre agitata, sopra tutto se si riceva un poco lungi dal punto d'incidenza.

684. Un cristallo amalgamato presenta due immagini del medesimo oggetto, l'una anteriore e debole, l'altra più viva e più lontana, perchè la superficie anteriore dello specchio è d'esso uno specchio, che rimandando i raggi che non penetrano il cristallo, forma una debole immagine dell'oggetto ec.; e questa è tanto più sensibile quanto più obliquamente si guarda, perchè quando si guarda normalmente, essa si confonde con l'immagine viva formata dalla superficie amalgamata.

685. Se lo spettatore è in I fra due specchi piani AB, BC (fig. 117) ad angolo ABC, vedrà tante immagini d'un oggetto O posto pure fra loro, quante normali potranno tirarsi successivamente dall'oggetto e da ognuna delle immagini sopra ogni specchio di quà dall'angolo B: 1.° dall'oggetto O tirate la normale OD sullo specchio BC in modo che $ON = ND$; il punto D sarà il luogo della prima immagine, perchè se dall'occhio I si tira ID, e se per g dove ID incontra lo specchio, si tira gO, questo sarà il raggio incidente, di cui Ig sarà il riflesso, per il quale lo spettatore vede l'immagine che è in D a motivo dei triangoli rettangoli eguali DgN , OgN che danno l'angolo $OgN = DgN = BgI$: 2.° se dal punto o immagine D che ora fa le veci d'oggetto, si tira sullo specchio AB la normale DE in modo che $kE = Dk$,

Il punto E è il luogo d'una seconda immagine per l'istessa ragione, avendosi sempre due triangoli rettangoli eguali ONf , DNf dopo aver tirato il raggio incidente Of per essere $ON = ND$; onde il raggio incidente Of si riflette in fi , e per i triangoli rettangoli eguali Dki , Eki il raggio fi si riflette in iI , e perciò giunge in I all'occhio dello spettatore: 3.° se dal punto E dove l'immagine tien luogo dell'oggetto, si tira la normale EQ sullo specchio BC , e se si prende $QF = EQ$, il punto F sarà il luogo d'una terza immagine, perchè per i triangoli rettangoli eguali OdN , NdD ; Drk , rke ; FQb , bQE , si vede che il raggio incidente Od si riflette in dr , quindi in br , in fine in bI , dove giunge all'occhio: 4.° se dal punto F si tiri una normale sullo specchio AB , si troverà che ella passa al di là di AB , e che però non si forma più immagine.

Si può nel modo stesso dimostrare che la 1.ª immagine dell'oggetto O vieto per mezzo del raggio Ih riflesso dal raggio incidente Oh , è nel punto H; la 2.ª nel punto K, la 3.ª nel punto L ec.

Onde 1.° la prima immagine si vede per un raggio riflesso, la seconda per due, la terza per tre ec.: 2.° la distanza d'ogn'immagine dall'occhio eguaglia il suo raggio incidente aggiunto ai suoi raggi riflessi; per es. $IF = Od + dr + rb + bI$, perchè $IF = Ib + bF$, $bF = bE = br + rE$, ed $rE = rD = rd + dO$, infine $dD = dO$; dunque $IF = Ib + br + rd + dO$: 3.° la prima immagine è più viva della seconda, questa della terza ec. si perchè l'intensità d'azione del fluido luminoso decresce in tutto questo andamento, sì perchè perde una quantità considerabile di raggi ad ogni riflessione: 4.° più è grande l'angolo de' due specchi, meno immagini si hanno, perchè il numero di esse dipende dal numero delle normali che tirar si posson dall'oggetto e da ognuna delle sue immagini sulla superficie d'ogni specchio, ed aumentando la distanza fra queste normali aumenta l'angolo, e però scema il

lor numero: 5.^o se gli specchi formano un angolo retto, non vi son che due immagini dell'oggetto, mentre non si può condurre che una normale dall'oggetto sopra ogni specchio: 6.^o se gli specchi fanno un angolo infinitamente ottuso, non vi è che un'immagine dell'oggetto: 7.^o finalmente se gli specchi son paralleli mentre che l'oggetto e l'occhio si trovano nell'istessa linea normale al piano di questi specchi, si ha un'infinità d'immagini, che vanno sempre allontanandosi e indebolendosi fino a divenire insensibili.

C A P. III.

Degli specchi sferici convessi.

686. Si può considerare una superficie sferica come formata da un'infinità di piccole superficie piane, di cui ne rappresenta una il piano che tocca la sfera. Gli specchi sferici sono altri *concavi*, cioè formati d'una porzion di sfera scavata e pulita, altri *convessi*, cioè porzioni sferiche la cui superficie esterna è pulita (332).

687. Sia ora uno specchio sferico convesso $NKXP$, il cui asse è XB : e (fig. 118) i raggi AX , EK cadano paralleli all'asse su una porzione piccolissima dello specchio. Essi vi saranno riflessi, e il loro fuoco im-

(332) Per far li specchi metallici Brisson insegna una composizione di 48 parti di stagno, 16 di rame, 6 di tartaro rosso, $1\frac{1}{2}$ di nitro, $\frac{1}{2}$ d'allume, e 2 d'arsenico, agitando il tutto con una spatola finchè non si vegga esalare un fuoco piccante e micidiale dalla massa che se ne forma, la quale poi si consolida e riceve dall'arte il più bel pulimento. Quelli che si fabbricano col platino oltre al resister più alle varie cause che ne possono alterar la superficie, son più densi e però dotati di una maggior potenza di riflettere i raggi. Celebri ora sono gli specchi metallici e telescopici di Herschell e di Amici di Modena.

maginario sarà in F punto dell'asse, egualmente distante dalla superficie dello specchio e dal suo centro C . Conducete dal centro C per K la retta CKL perpendicolare sul punto K , e da F per K la retta FKM ; allora EKL è l'angolo d'incidenza, LKM di riflessione, mentre per ipotesi $CF = FX$. Di più la parte dello specchio su cui cadono i due raggi paralleli, è per ipotesi piccolissima; dunque $FK = FX$, e $CF = FK$; dunque l'angolo $FKC = FCK$: ma per le parallele EK , AB tagliate dalla retta LKC , l'angolo $LKE = KCF$, e l'angolo FKC è opposto al vertice all'angolo LKM ; dunque l'angolo $MKL = EKL$; dunque MKL è angolo di riflessione ec.

688. Se i raggi EB , ED cadono divergenti su una piccolissima parte dello specchio (fig. 119) convesso BDS , il cui centro è in C , il fuoco immaginario sarà in F , se $CF:FB::CE:EB$. Condotta dal centro C per D la normale CDR , e da F per D la FDN parallela ad ER , essendo l'arco BD piccolissimo, $FB = FD$, $EB = ED$: ma per ipot. $CF:FB::CE:EB$; dunque $CF:FD::CE:ED$. Ora per le parallele FD , ER i triangoli CFD , CER simili danno $CF:FD::CE:ER$; dunque $ER = ED$; dunque l'angolo $ERD = EDR = FDC = RDN$; e siccome EDR è l'angolo d'incidenza, così RDN è di riflessione ec.

E poichè $CE:EB::CF:FB$, sarà $CE + EB:EB::CB:FB$; dunque la ragione di $CB:FB$ cresce nel rapporto di $CE + EB:EB$: onde se il punto luminoso E si avvicina di più allo specchio, se n' avvicinerà anche il fuoco, di modo che se si ponga l'oggetto in B , sarà pure in B l'immagine, cioè sulla superficie dello specchio, perchè allora $EB = 0$; dunque $CE + EB$ è infinitamente grande rapporto ad EB ; dunque CB è parimente infinitamente grande rapporto a FB , e però $FB = 0$.

689. Facciamo $FB = f$, $CB = r$, $EB = d$, onde sia $CE = r + d$ e $CF = r - f$. La proporzione $CE:EB::CF:FB$ diventa $r + d:d::r - f:f$, cioè si ha $f =$

$\frac{dr}{2d+r}$; formula che serve a determinare in tutti i casi il luogo e il cammino delle immagini negli specchi convessi.

690. Che se da differenti punti E, G, L (fig. 120) dell'oggetto partan de' raggi, i quali cadano sulla superficie dello specchio convesso BDS, tutti vi si riflettono, ma supponendoli prolungati vanno a concorrere in f, f', f'' rispettivamente, onde l'immagine dell'oggetto vien rappresentata dalla curva $ff'f''$. E però 1.° in questa curva resta sempre concentrata l'immagine dell'oggetto sia pur grande quanto si voglia, che in conseguenza dee sempre comparir più piccolo: 2.° e se intorno allo specchio si muove l'oggetto EGL, verrà da un simil moto animata la curva $ff'f''$, onde al salir dell'oggetto ne salirà pure l'immagine e viceversa, sebbene ne' due casi mai deve l'oggetto comparir roversciato (333).

(333) In somma, come *negli specchi piani i raggi non cangian direzione*, onde se vi percuoton paralleli o divergenti o convergenti, vi si riflettono paralleli ed ugualmente divergenti o convergenti; così negli specchi convessi i raggi paralleli vi si riflettono divergenti, giacchè dovendo essere eguali gli angoli d'incidenza EKD e IND (fig. LXVIII) a quelli di riflessione EKM e INR, dovranno risalir lungo le linee MK ed RN, che ad evidenza son divergenti; nel modo stesso i raggi convergenti RN ed MK tendenti ad unirsi in F saran resi paralleli dovendo risalir lungo le linee IN ed EK; e perciò i raggi naturalmente divergenti lo diverran sempre più. Onde *gli specchi convessi hanno la proprietà di sempre far divergere i raggi*: al contrario i *concavi*, avendo una curvatura opposta a quella dei convessi, *gli faran sempre convergere*. La qual divergenza e convergenza prodotta nei raggi da queste due specie di specchi fa nascer varj fenomeni scherzosi, per cui rimetto il giovane Lettore ad ogni trattato un poco esteso di Catottrica per non deviar dalle mire dell'A.

C A P. IV.

Degli specchi sferici concavi.

691. Sia uno specchio concavo ZBDH (fig. 121); i raggi paralleli ED e CB, vicinissimi l'uno all'altro, cadano sulla superficie di esso, e fra essi ve ne sia uno CB che passi per il centro C: essi si rifletteranno e anderanno a riunirsi al punto F, che è nel mezzo fra B e C. Il raggio CB cadendo normalmente sul punto B segue una via retrograda per la riflessione. Tirate dal centro C dello specchio la normale CD al punto D; EDC è l'angolo d'incidenza, CDF di riflessione, perchè essendo BD un arco piccolissimo, $FB = FD = FC$; dunque nel triangolo CDF l'angolo $FC D = FDC$; ma per le parallele CB e ED l'angolo $FC D = EDC$; dunque l'angolo $FDC = EDC$; dunque FD è il raggio riflesso, e il punto F il fuoco (334).

(334) *Corollarj.* 1.° Se ED cade sullo specchio con un angolo di 60° e parallelamente all'asse CB, il raggio riflesso BD incontra l'asse CB nel polo B dello specchio: poichè essendo l'angolo d'incidenza $EDC = 60^\circ = CDB$ (angolo di riflessione) $= BCD$ per le parallele, nel $\triangle CDB$ sarà anche l'angolo $CBD = 60^\circ$, cioè il raggio riflesso incontra l'asse in B.

2.° Se è l'angolo d'incidenza $GHC < 60^\circ$, il raggio riflesso HF incontrerà l'asse ad una distanza $FB < \frac{CB}{2}$: poichè essendo $GHC = CHF = FCH$ per le parallele, è isoscele il $\triangle CFH$ e però è $CF = FH$; ora $CF + FH (= 2CF) > CH (= CB) = CF + FB$, onde è $CF < FB$ ossia è $FB < \frac{CB}{2}$.

3.° Se al di dentro di questi specchi si pone un lume, i raggi che se ne partono, riflettendovisi si uniscono ai

692. Se il raggio GH si trova ad una più gran distanza dall'asse CB , e si tiri la normale CH , è chiaro che FH sarà più grande di FB , e però l'angolo FHC sarà più piccolo di FCH o CHG ; onde se GH è il raggio incidente, HF non sarà il riflesso, e lo sarà HP che taglierà CB fra F e B nel punto N . E per questo i raggi che sono molto più lontani dall'asse CB , formeranno un piccolo cerchio su un piano perpendicolare all'asse CB nel punto F .

diretti verso gli oggetti che illuminano, e ne aumentano la chiarezza; onde così gli oggetti sono illuminati e dai raggi diretti e paralleli e dai riflessi che divengon paralleli, i quali senza lo specchio anderebbero a illuminare altri oggetti. Dunque un corpo illuminato da un lume posto in faccia a uno specchio concavo può esser due volte più illuminato se per mezzo dello specchio vi si getta sopra un numero doppio di raggi. Su tal principio son costruiti gli specchi di *riverbero* di latta per i lampioni. Ora dato uno specchio concavo e il luogo del lume postogli avanti, si voglia determinare lo spazio che dee esserne illuminato per riflessione. *Ris.* Se C (fig. LXIX) è il centro della sfericità di AB , e D il lume, tirando da C le CA e CB , e da D le DA e DB , e le due indefinite AE e BF con fare gli angoli EAC e FBC eguali agli angoli CAD e CBD , lo spazio fra le AE e BF è quello che dee essere illuminato per la riflessione del lume D . Che se il lume è in G , lo spazio illuminato, essendo compreso fra le AH e BI , sarà maggiore; e se è in L sarà minore come compreso fra AM e BN . Perciò vi è un punto ove i raggi son paralleli, e questo è appunto il *foco* tanto nominato dello specchio, il quale è lontano dalla di lui superficie per $\frac{1}{2}$ del diametro di sua sfericità: e perchè il lume è al di là o al di quà del foco de' raggi paralleli, però son divergenti le AH e BI , e son convergenti le AM e AN . Dunque negli specchi di riverbero dovendo porre lo specchio in modo, che una retta tirata dal di lui mezzo e che passa per il centro di sfericità venga a ferire il mezzo dell'oggetto da illuminarsi, dovrà inclinarsi lo specchio or più or meno a tenore dell'altezza a cui è posto il riverbero, alla posizione e lontananza dell'oggetto da illuminarsi.

693. Tutti i raggi lanciati da un corpo lucido situato nel centro di uno specchio concavo cadon perpendicolarmente sulla di lui superficie: e perchè l'angolo di riflessione è sempre eguale all'angolo d'incidenza, questi raggi nella lor riflessione prendono una strada retrograda e vanno a riunirsi nel centro donde son partiti; e però se l'occhio è nel centro dello specchio, vi riceve tutti i raggi riflessi, e vi vede tutto in un modo confuso.

694. Se l'oggetto E (fig. 122) situato al di là del centro C lancia sullo specchio concavo BDG i raggi divergenti EB, ED, EG, pochissimo distanti gli uni dagli altri, il foco de' raggi riflessi sarà nel punto F, la cui distanza FB dallo specchio sta alla sua distanza FC dal centro come la distanza BE dell'oggetto dallo specchio sta alla distanza EC dell'oggetto stesso dal centro. Infatti essendo per ipotesi BDG un arco piccolissimo onde $EB = ED$ e $FB = FD$, come pure essendo $FB:FC::BE:EC$, sarà $FD:FC::ED:EC$, o $FD:ED::FC:EC$. Quindi è che la DC tirata dal vertice dell'angolo FDE sulla sua base EF la divide in parti proporzionali ai lati adjacenti, onde $FDG = CDE$; cioè per esser CDE l'angolo d'incidenza è FDC l'angolo di riflessione; e però il punto F è il foco de' raggi che partono dall'oggetto E, e l'occhio situato in F vedrà l'oggetto confusamente. Ed è da notare che il foco F si trova sempre più vicino al centro C che al punto B della superficie dello specchio, perchè nella proporzione $FB:FC::BE:EC$, per esser $BE > EC$, è anche $FB > FC$, cioè il foco è più vicino a C che a B.

695. Fatto ora (§. 689) $FB = f$, $CB = r$, $EB = d$, e però $FC = r - f$ ed $EC = d - r$, la proporzione $FB:FC::BE:EC$ si cangia in $f:r-f::d:d-r$,

onde $f = \frac{dr}{2d-r}$. Con la quale eq. si può determinare

in tutti i casi il luogo ed il cammin progressivo delle immagini in uno specchio concavo: formula che può applicarsi agli specchi piani col fare $r = \infty$, mentre

uno specchio piano può sempre riguardarsi come una porzione di sfera di un raggio infinito (335).

696. Per essere divergenti i raggi FO e FH che partono dal fuoco F, l'occhio posto in OH vedrà l'oggetto E in F ma roversciato, perchè il raggio ED che cade sullo specchio al di sopra del raggio EG, diviene per effetto della riflessione il raggio inferiore FH nell'atto che EG diviene il raggio superiore FO.

697. E se l'oggetto è in F, i suoi raggi riflessi dallo specchio anderanno a concorrere in E, e l'occhio po-

(335) Se $EB = \infty$, sarà $FB = \frac{r}{2} = CF$, cioè ne' raggi paralleli il fuoco è distante dal centro per la metà del raggio. E se $EB = BC$, cioè se il punto raggiante o l'oggetto luminoso è nel centro dello specchio, sarà $FB = BC^2$

$\frac{BC^2}{2BC - BC} = r$, cioè il punto del concorso sarà nel cen-

tro stesso. E se $EB = \frac{r}{2}$, si ha $FB = \infty$, cioè un raggio che dal fuoco cada sullo specchio, dopo la riflessione non incontra mai l'asse, ossia va parallelo all'asse. E se $EB > \frac{r}{2}$, sarà x negativo cioè il punto del concorso è al di là dello specchio.

Fischer (*Phys. Mecan.* pag. 385) ci dà quest'eq. dell'A. sotto la forma $\frac{1}{r} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ col fare $CB = 2r$. E giacchè in ambedue le formule non apparisce l'arco BD dello specchio, dee dirsi che fermo sempre il dover'esser quest'arco piccolissimo, nulla influisce su i fenomeni l'esser esso più o meno piccolo. Anzi per questa ragione si ha l'istesso effetto anche quando il punto raggiante non sia nell'asse BE. In pratica si ottiene la distanza focale FB di uno specchio concavo con porvi davanti un lume acceso ad una tal distanza, che se ne formi l'immagine distinta sopra un carton bianco o sul muro, e col misurare la distanza dell'oggetto e dell'immagine dallo specchio; per il che si ha il valore di d e di f e quindi di r .

sto più in dietro vedrà l'oggetto in E, similmente rovesciato, perchè i raggi s'incrociano in E.

698. Posto ora che l'oggetto sia in E (fig. 123) ad una distanza dallo specchio concavo BD, più piccola della metà del raggio di sfericità, dico che la distanza FB del foco immaginario dallo specchio starà alla distanza FC di esso dal centro dello specchio come la distanza EB dell'oggetto dallo specchio sta alla distanza EC di esso dal centro. Dato che sullo specchio cada, vicinissimo al punto B, il raggio ED, se si tiri da D la normale CD e la ER parallela a FN, per essere $EB = ED$ e $FB = FD$, e per la simiglianza de' $\triangle CER$ e CFD , si ha $EC : ER :: CF : FD$ ($= FB$): ma per ipotesi è $FB : FC :: EB : EC$; dunque viene $CE : ER :: EC : EB$, cioè $ER = EB = ED$. Però è isoscele il $\triangle DER$, ed eguali gli angoli ERD e RDE, di cui $ERD = RDN$; onde l'angolo d'incidenza $RDE = RDN$, che è l'angolo di riflessione: cioè F è il foco immaginario. I raggi CB e DN son necessariamente divergenti, giacchè per il $\triangle$ isoscele RED abbiamo nel $\triangle CDE$ l'angolo in D maggiore dell'angolo in C; per il che è l'angolo $CDN > FCD$, o sia son divergenti i raggi CB e DN.

699. Dopo aver finquì considerato i raggi che cadono su uno specchio concavo ad una grandissima distanza dall'asse, vediamo adesso la strada che tengono nella lor riflessione i raggi che cadono da ogni punto dell'oggetto sulla superficie intera dello specchio. Perciò sia (fig. 124) l'oggetto E più distante dallo specchio concavo GBK di quel che ne sia il centro C: e per maggior semplicità concepiamo in principio un sol piano in cui son portati da E i raggi EB, ED, EO, EG. Nel riflettersi formeranno a motivo del loro intersecarsi coi raggi incidenti una curva Faaa, a cui son tangenti i raggi riflessi, e del pari faran l'altra curva Fddd i raggi EB, EH, EI, EK, altra curva che si riunisce in F con la prima. E concependo egualmente un sol piano in cui son portati i raggi,

si può immaginare per ECB un'infinità d'altri piani, tutti sulla superficie dello specchio, su i quali si formeranno simili curve, che insieme comporranno due superficie curve-concave contigue al punto F, che in conseguenza ne sarà il foco.

700. Ora dall'aver avuto $FB:FC::EB:EC$ (§. 694) si ricava che 1.° le curve $Faaa$ e $Fddd$ si ravvicineranno allo specchio se più che mai se ne allontana l'oggetto E, perchè allora EC divien maggiore rapporto ad EB, onde anche EC dee aumentare rapporto ad FB: 2.° più che l'oggetto E si avvicinerà allo specchio, più ancora dovranno allontanarsene le curve per la ragion contraria: 3.° se l'oggetto E arriva al centro dello specchio, per essere $EC=0$ è anche $FC=0$; dunque $FB=FC$; dunque le due curve si riuniscono nel centro C dello specchio, dove esse son come portate l'una verso dell'altra: 4.° e se l'oggetto E seguita ad avvicinarsi allo specchio, le curve si allontaneran più che mai; e quando sarà arrivato al punto dell'asse che è nel mezzo fra il centro e la superficie dello specchio, il punto dove si riuniranno le curve sarà ad una distanza infinitamente grande, mentre a questa distanza dell'oggetto dallo specchio i raggi riflessi son paralleli. Dovechè se l'oggetto seguita ad avvicinarsi tuttora allo specchio in modo che la sua distanza dallo specchio sia minore del semiraggio di sfericità, le curve si separeranno l'una dall'altra come C, C (fig. 125); alcuni raggi riflessi come c X non toccheranno più le curve C, C; diverranno divergenti; e prolungandoli andranno a concorrer dietro allo specchio, dove formerassi una nuova curva composta di due parti, una delle quali è in aa ; parti che si riuniscono nel punto a situato nella retta EB prolungata, e si allontanan dallo specchio fino all'infinito. Ed è appunto in queste curve che si veggon sempre gli oggetti; e perciò se la distanza dell'oggetto dallo specchio è minore del semiraggio di sfericità, l'oggetto ci comparirà davanti o dietro allo specchio secondo il

sito dell'occhio. Se l'occhio riceve i raggi, che col prolungarli formano la curva *aa* al di dietro dello specchio, l'oggetto comparirà diritto e maggiore dietro allo specchio, perchè son divergenti i raggi che formano la curva *aa*. Se poi l'occhio riceve i raggi che formano la curva *CC* al davanti dello specchio, davanti allo specchio vedrassi l'oggetto e vedrassi diritto. Se finalmente l'occhio è nel punto ove si tagliano i raggi spettanti alle curve, davanti e dietro allo specchio, esso vede l'oggetto raddoppiato non solo in *a*, *a* ma ancora in *C*, *C*; ragione per cui l'oggetto considerato con ambedue gli occhi comparisce quadruplicato. Su queste curve niun altro Fisico ha scritto meglio di S'Gravesande.

701. Il fin quì detto da noi sugli specchi concavi basta a darci una facile spiegazione dei seguenti fenomeni. I.° Abbiasi uno specchio concavo di metallo o di cristallo amalgamato, mobile sulle due estremità d'un asse accomodato ai suoi orli; ed espongasì ai raggi solari in modo che il raggio che viene al punto di mezzo sia normale alla sua superficie: essendogli tutti gli altri paralleli, si riuniscono nell'immagin del Sole ad una distanza dallo specchio di circa $\frac{1}{4}$ del diametro della sfera di cui fa parte, dove essi bruciano con un'attività sorprendente. Se la superficie dello specchio ha 15^{pol.} di diametro, e il fuoco sia a 6^{pol.} di distanza, il legno subito brucia, e in brevissimo tempo si fondono delle laminette di piombo. II.° Posto che sia un lume acceso nel punto di mezzo fra il centro d'uno specchio concavo e la sua superficie, perchè i raggi vengon riflessi dallo specchio in direzioni parallele per l'eguaglianza degli angoli d'incidenza e di riflessione, con vantaggio si farà uso degli specchi concavi quando si voglion trasmettere ad una gran distanza i raggi luminosi che emanano da un corpo lucido qualunque. III.° Pongansi due specchi concavi l'uno dirimpetto all'altro, e l'uno all'altro paralleli ad una distanza di 15^{pie.} in 20^{pie.}; e al fuoco dell'una

pongasi un carbone acceso animato con un buon soffietto a anima doppia, e al fuoco dell' altro dell' esca e della polvere: queste sostanze bruciano per la riflessione de' raggi del carbone fatta dal primo specchio sul secondo, al cui fuoco vanno a riunirsi. Buffon fece costruire uno specchio ustorio formato di moltissimi specchi piani e mobili, da piegarsi a piacere onde dirigere i raggi del Sole verso un sol punto. Esso brucia il legno a 200^p in circa di distanza, fonde lo stagno a 150^p e il piombo a 141^p; e così divien probabile l'abbruciamento della flotta di Marcello sotto Siracusa con uno specchio immaginato da Archimede (336).

C A P. V.

Specchi prismatici, piramidali, cilindrici ec.

702. Gli specchi *prismatici* son formati di superficie piane inclinate fra loro con aver ciascuna la figura di parallelogrammo. Essi hanno la proprietà di riunire in una sola immagine e senza interruzione più oggetti o più porzioni di uno stesso disegno già disperse e separate per mezzo di spazj, i quali sono

(336) Questa macchina di Buffon à 168 specchi piani di vetro a foglia metallica alti 6 pol. e larghi 8, tutti mobili ma indipendentemente l' uno dall' altro. L' attività di questo specchio *caustico* o ustorio è inarrivabile in paragone degli specchi sferico-concavi per la difficoltà insormontabile di dar loro esattamente una vasta grandezza ed una curvatura quasi insensibile, le quali sarebber necessarie. Peyrard lo ha ripetuto e perfezionato nel fine della sua edizione d' Archimede (4.^o Paris. 1807), come Antemio e Proclo nel 6.^o secolo ripeterono sotto Costantinopoli la prova d' Archimede. Poco accrescon di densità alla luce in paragone di questi gli specchi ustori di Tschirnhausen e di Vilette, che ve la condensano per 18000 volte.

e vacui o riempiti da altre figure che non vengon punto a rappresentarsi nello specchio.

703. Gli specchi *piramidali* son formati di superficie piane triangolari e inclinate fra loro in modo che nel vertice della piramide si riuniscono i vertici di tutti i triangoli; i quali specchi producono effetti analoghi a quelli dei prismatici. Di ambedue ci dà la spiegazione la teoria degli specchi piani.

704. Gli specchi *cilindrici*, che hanno cilindrica la superficie riflettente, debbon considerarsi come una riunione di specchi in parte piani e retti e in parte sferici, di modochè combinando le proprietà degli uni e degli altri si verrà a concepire senza difficoltà la degradazione delle immagini regolari e viceversa. Se ad uno specchio cilindrico in una situazione verticale si presenti verticalmente un oggetto, è chiaro che le dimensioni verticali dell'oggetto non debbon venire sfigurate a qualsivoglia distanza dallo specchio sia posto l'oggetto; giacchè queste dimensioni vengon presentate davanti a specchi piani e verticali, mentre al contrario vi si debbon vedere sfigurate le dimensioni orizzontali, le quali vengon presentate a specchi sferici. Quindi è che le immagini delle diverse parti dell'oggetto sono le une regolari e le altre degradate, per cui la lor riunione forma una figura irregolare, irregolarità che può anche determinarsi se su un piano si disegnano delle figure, che essendo in realtà irregolari vi compariscano regolari per mezzo di questi specchi posto che siasi l'occhio in un piano determinato.

Di questi specchi se ne costituiscono alcuni con la superficie convessa, altri con la concava; i quali producon quasi gli stessi effetti, se non che i primi vi mostrano l'immagine dietro allo specchio, e i secondi davanti, perchè l'oggetto è sempre più lontano di quel che sia il foco de' raggi paralleli.

705. Gli specchi *parabolici* con la lor superficie riflettente parabolica, hanno la proprietà di rifletter

parallelamente all'asse i raggi, che partendo dal loro foco cadono lungo la lor superficie, e reciprocamente di riconcentrare nel loro foco i raggi, che al par di quelli i quali vengon dal Sole cadono sulla lor superficie parallelamente all'asse. Veramente i parabolici sono eccellenti.

706. Gli specchi ellittici, la cui superficie riflettente è ellittica, han la proprietà di riflettere in uno de' loro fochi tutti i raggi che parton dall'altro in modo, che se si pone un lume acceso in uno di essi, i raggi lucidi da esso lanciati sullo specchio vanno a riunirsi nell'altro foco. Essi son difficili a costruirsi (337).

C A P. VI.

Cause della riflessione del fluido luminoso.

707. I più de' Fisici facevan dipendere dalle leggi dell'urto la riflessione del fluido luminoso, perchè lo consideravano come composto di piccoli globetti perfettamente elastici, che nel cader su un piano immobile son tosto rispinti sotto un angolo sempre eguale a quello di lor caduta. Ma contro questa specie di meccanismo chiaramente depongono le esperienze di Newton. 1.° Anche dopo aver dato ad alcuni corpi tutto il pulito di cui son suscettibili, la lor superficie sotto lo scrutinio del microscopio presenta un'infinità di piccoli solchi, che tuttavia rispetto alle molecole di un raggio lucido sono di una grandezza rispettabile: in conseguenza di che la riflessione sulla super-

(337) Comunque sia di tutta questa specie di specchi rispetto ai loro effetti la teoria ha ormai dimostrato, che son assai inferiori a quelli che si ottengono con gli specchi sferici; e però servon solo di pascolo allo scherzo ed alla curiosità. *V. Wolfii Catoptr. c. V.*

ficie di questi corpi è per necessità irregolare; onde perchè l'osservazione ci mostra che essi rifletton regolarmente il fluido luminoso, dovrà dirsi che la riflessione succede ad una piccola distanza dalla superficie, ove scemano e quasi affatto svaniscono le irregolarità. 2.° Uno specchio di cristallo rinchiude nella sua grossezza un gran numero di strati di particelle solide; e però se la riflessione del fluido luminoso fosse prodotta dalle parti solide de' corpi, da ognuno di questi strati dovrebbero esser riflessi dei raggi lucidi, e dovremmo veder tante immagini quanti son questi strati: donde nasce adunque che non si veggono che due immagini, una delle quali si forma sulla parte posteriore del cristallo e l'altra sull'anteriore? 3.° Se il fluido luminoso colpisce obliquamente un pezzo di vetro immobile nell'aria, si veggon due immagini dell'oggetto; ma se al di sotto del vetro si pone un vaso pieno d'acqua o d'olio, si vede una sola immagine; il che significa che i raggi i quali nel primo caso eran riflessi dalla superficie posteriore del vetro, non lo son più nel secondo: donde può nascer questo cangiamento se non dall'acqua o dall'olio, la cui virtù attrattiva per il fluido luminoso superando quella della superficie posteriore del vetro per questo fluido, l'obbliga a continuare il suo cammino? 4.° Se si fa cadere il fluido luminoso sul vetro, egli vi è interamente riflesso; nè raggio alcuno passa nell'aria quando nel vetro i raggi lucidi fanno un angolo maggiore di 40° , mentre poi scemandosene l'obliquità il raggio passa in parte nell'aria. Ora come mai concepire che il fluido luminoso che passa dal vetro nell'aria senza colpire in delle parti solide, anderà poi a colpirle se se ne aumenti per poco l'obliquità, quando l'uno e l'altro mezzo offrono dei passaggi per ogni sorta di direzione? 5.° Se in una camera oscura si fa cadere il raggio solare sopra un prisma, ne risultano *de' raggi elementari* di varj colori; e se questi cadono successivamente sopra un secondo prisma posto in gran distanza dal

primo e con una stessa obliquità, questo secondo prisma può esser talmente inclinato ai raggi incidenti, che rifletta tutti i raggi blu e faccia passare i rossi. Ora se la riflessione dipendesse dalle parti dell'aria o del vetro, si potrebbe domandare donde avviene, che alla stessa obliquità d'incidenza colpiscono i raggi blu queste parti in modo che si riflettano, e che i rossi trovano un numero sufficiente di pori per passare a traverso il prisma in gran quantità? 6.° Non vi è riflessione sensibile nel punto in cui due vetri si toccano, e intanto non si scorge donde venga, che i raggi non colpiscano le parti del vetro quando è contiguo ad un altro vetro con tanta forza con quanta allorchè è all'aria. 7.° Se si fan cadere successivamente i raggi rossi e blu, già separati per mezzo del prisma, sopra una lama trasparente la cui grossezza cresca in proporzione continua aritmetica, quale è appunto una lama d'aria fra due vetri, l'uno piano e l'altro un po' convesso, la lama stessa rifletterà nella parte medesima tutti i raggi d'uno stesso colore, e lascerà passare tutti quelli di un color differente; ma ad una certa grossezza rifletterà nelle sue diverse parti i raggi di un solo e medesimo colore, e darà loro passaggio ad un'altra grossezza, e così alternativamente. Ora come immaginare che in un luogo i raggi, per es. blu, incontrino a caso le parti solide, e i rossi i pori del corpo, e che in un altro luogo dove il corpo è più grosso, i raggi blu ne colpiscano i di lui pori, e i rossi le di lui parti solide?

708. Malebranche pensa come Newton, che non son punto le parti solide de' corpi che riflettono il fluido luminoso, e le ragioni che ne dà son le stesse che io ho ora esposte.

709. Ma intanto i ragionamenti che accompagnano queste belle esperienze bastan solo per dimostrare la falsità dell'ipotesi che attribuisce all'urto la riflessione del fluido luminoso, ma non per isvelarci la vera causa di sì importante fenomeno. Tuttavia in-

dubitatamente si comprende, che i corpi agiscono sulla luce or col respingerla or coll'attrarla, benchè non si comprenda come le attrazioni e ripulsioni non sono che due maniere diverse, con cui la stessa potenza agisce secondo le circostanze (338); malgrado che Newton tenti di fissarlo col dire, che come in Algebra le quantità negative cominciano dove finiscono le positive, così in Meccanica la ripulsione ha luogo nell'atto in cui cessa l'attrazione: ragione poco soddisfaciente, per cui il fenomeno della riflessione del fluido luminoso resta tuttora sepolto nell'oscurità delle tenebre.

(338) Newton (*Optice lucis* l. 2. p. 3) pensa, che la riflessione e la refrazione in generale provengano da una stessa potenza che agisce diversamente a tenore delle diverse circostanze, potenza che ora chiama attrazione (come nel caso 3.º e l. 3. *quaest.* 29), e ora ripulsione, come nell'incontro di un corpo ove si riflette la luce. Talora (l. 3. *quaest.* 18) ripone questa potenza nell'azione di una materia sottilissima sparsa dovunque e fin nell'interno de' corpi diafani (Hany, *Phys.* §. 903), seguito in ciò da De Martino (Musschembroek, *Phys.* Neapoli. §. 1026). Comunque sia sono ormai stabiliti da' Fisici questi due teoremi: 1.º i raggi non urtano nella superficie riflettente venendo distornati dal loro cammino prima di giungervi da una potenza, la quale è contigua alla superficie, ed opera in una direzione normale ad essa; 2.º i raggi di luce vengon refratti da una potenza contigua alla superficie rifrangente.

P A R T E III.

Del fluido luminoso refratto.

C A P. I.

Della causa e delle leggi della refrazione.

710. Se si fanno obliquamente passare dei raggi lucidi da un mezzo in un altro di diversa densità, abbandonano il loro retto cammino, e si avvicinano o si allontanano dalla normale al punto d'incidenza a tenore che il secondo mezzo è o più denso o più raro del primo. Chiamasi *refrazione* un tal deviamiento o inflessione provata dai raggi lucidi nel lor passaggio da un mezzo in un altro di differente densità.

711. Dopo Cartesio molti Fisici han riguardato come una legge generale della refrazione, che un corpo il quale passa obliquamente da un mezzo resistente in un altro meno resistente, si refrange avvicinandosi alla normale o allontanandosene nel caso contrario. Dal che si concludeva, che se i raggi lucidi i quali passan dall'aria nell'acqua, s'avvicinano alla perpendicolare, mentrechè per es. una palla che si lancia obliquamente sulla superficie dell'acqua se ne allontana, l'acqua resiste meno dell'aria al moto della luce sebbene resista più al moto della palla.

Veramente è naturale fuor di dubbio il far dipendere dagli stessi principj la refrazion del fluido luminoso e de' corpi solidi. Tuttavia dietro ad un attento esame dei fenomeni prodotti dalla refrazion del fluido luminoso è facile il vedere, che assai differiscon da quelli che accompagnano la refrazione de' corpi solidi. Infatti l'esperienza ci mostra, che la refrazione di un raggio lucido che attraversa il vetro di un reci-

piante della macchina pneumatica, aumenta a misura che i colpi dello stantuffo ne rarefanno l'aria contenutavi. Si dirà egli che la macchina pneumatica aumenta l'imbarazzo del mezzo che rarefa, e che il raggio non dee mai provare maggior resistenza di quando il recipiente è purgato d'aria per quanto è possibile? Ad una tal conseguenza si veggono obbligati i Cartesiani, i quali non posson dispensarsi dall'ammettere, che i corpi i più densi oppongono minor resistenza al fluido luminoso.

Alla qual difficoltà se ne aggiunge un'altra; cioè se la resistenza del mezzo produce la refrazione del fluido luminoso come produce la refrazione de' corpi solidi, ne segue che un raggio il quale soffre molte refrazioni, dee anche soffrire una perdita sensibile del suo moto, che poi perderà totalmente, come accade ad un solido che attraversa un fluido. A ciò si oppone l'esperienza: e se succede che un raggio il quale attraversa più mezzi, spande sensibilmente minor chiarezza, bisogna attribuirne la causa alla perdita reale di alcune delle sue parti, le quali dopo diverse riflessioni si combinano con le particelle solide del mezzo, e intanto quelle soltanto che sfuggono questa combinazione continuano il lor cammino con tutta la lor forza primitiva.

Dunque la refrazione del fluido luminoso nasce dall'attrazione più forte, che sul raggio esercita il mezzo più denso a cui si avvicina o che è sul punto d'abbandonare: attrazione che ha le stesse leggi di quelle che anima le più piccole molecole della materia (§. 251), cioè è grandissima al contatto, e scema in un tratto nell'allontanarsi dai corpi; ond'è nulla la sua azione ad una sensibil distanza.

712. Sia (fig. 126) X il mezzo più denso, Z il più raro, EF la superficie che gli separa. La luce essendo attratta da tutte le molecole (§. ant.) di materia, se rappresentiamo la distanza a cui esse esercitan la loro azione per quella che separa le linee EF e GH, è

chiaro che il raggio lucido che si trova fra esse, è attratto dal mezzo più denso X e anche normalmente alla superficie che separa i mezzi, perchè l'azione oblique son simili, eguali da ogni parte, e s'esercitan sempre perpendicolarmente alla superficie. Le molecole del mezzo X le più vicine alla superficie EF che separa i mezzi, son le sole che esercitan la loro azione sulla luce alla distanza a cui è data la linea GH ; altre agiscon con queste ad una distanza minore in modo che la virtù attrattiva aumenta a misura che scema la distanza (§. antec.). Sia nel mezzo più denso X la linea IL situata come GH nel mezzo Z alla stessa distanza da EF , e attraversi la luce il mezzo X ; ella sarà attratta per ogni parte dalle molecole del mezzo, le cui distanze dalla luce son minori della distanza che separa EF e GH , perchè si suppone che a questa distanza la luce sia attratta dalle molecole del mezzo X . Finchè la luce è fra EF e IL , la forza che attrae verso IL è superiore, perchè le molecole attraggono in maggior numero verso questa parte; ma aumentando il numero delle molecole che agiscono in senso contrario, cioè aumentando la distanza da EF , scema la forza verso IL finchè nella linea stessa IL la luce sia egualmente attratta da tutti i lati, il che ha luogo per tutto nel mezzo X al di là di IL . Facciamo ora cadere obliquamente il raggio lucido Aa sulla superficie che separa i mezzi, o sulla superficie GH , dove è dato il principio dell'azione per cui la luce è spinta verso il mezzo X ; quando il raggio arriva in a , lo devia dalla linea retta la forza con cui è attratto dal mezzo X , cioè quella da cui è spinto verso questo mezzo in una direzione perpendicolare alla sua superficie. Il raggio similmente devia in tutti i suoi punti dalla linea retta finchè sta fra GH e IL fra cui agisce la forza attrattiva, onde il raggio descrive fra queste linee la curva ab . Al di là della retta IL cessa l'azione che devia il raggio, e però continua egli a muoversi in linea retta per bB secon-

do la direzione della curva al punto *b*. Siccome però la distanza che separa le *GH* e *IL* è piccolissima nella refrazione, così non si fa alcun caso della parte curvata del raggio, che si considera come composto di due rette *AC* e *CB*, le quali si uniscono in *C* cioè nella superficie che separa i mezzi. Conducendo da *C* la retta *NCM* normale alla superficie *EF*, la parte *AC* del raggio totale dicesi *raggio incidente*, e la parte *CB* *raggio rotto*, *spezzato*, o *refratto*: *ACN* è l'angolo d'incidenza, e *BCM* di refrazione (339).

713. Quando la luce passa da un mezzo più raro in un più denso, l'angolo di refrazione è più piccol di quel d'incidenza, perchè gli angoli sarebbero eguali se il raggio *AC* continuasse a muoversi in linea retta per

(339) La refrazione è di due specie, *semplice* di cui quo parla l'*A.*, e *doppia*, che nasce dal divider che fannì alcuni corpi trasparenti i raggi in due fascetti distinti, e che in questi ultimi tempi è stata chiaramente spiegata. *Hauy*, *Phys.* §. 1142 ec. e il nostro *A. P.* IV. c. 4.

Al pari del cristallo d'Islanda anche il cristallo comune di rocca ha doppia refrazione. Ma il *P. Beccaria* delle Scuole Pie (*Osservaz. sul cristallo di rocca*. Torino 1764. 4.°) col farne spaccare diversi in diverse maniere ha rilevato che 1.° non in tutti i prismi di tal cristallo è doppia la refrazione; 2.° ve la fanno e vi presentano due spettri i raggi di luce i quali lo attraversano normalmente all'asse; 3.° questa distinzione de' due spettri scema a ragione della minor divergenza del raggio lucido dall'asse del cristallo; 4.° quando il raggio lucido tiene una direzione quasi parallela all'asse, vi è unica la refrazione e l'immagine dell'oggetto.

Si osservi per sempre che ad ogni rifrazione si unisce ognora una riflessione, onde il raggio rotto vien sempre in parte riflesso secondo le leggi della Catottrica (*P. II*), e per il resto vien rifratto secondo le leggi della Diottrica, che debbon vedersi in questa Parte III: e perchè più obliquo che è il raggio incidente più se ne riflette, meno però se ne rifrange.

CD; ma siccome il raggio CB si avvicina di più alla normale CM, però si dice che *nel passar la luce da un mezzo più raro in un più denso la refrazione si fa verso la normale.*

714. Se un raggio di luce passa da un mezzo più denso in un più raro (340), s' allontana dalla normale, perchè l'attrazion del mezzo più denso esercitata sul raggio è la stessa o passi egli da un più raro in un più denso o da un più denso in un più raro; onde se BC è un raggio incidente, CA sarà refratto, e però il raggio si muove per le stesse linee da qualunque lato egli parta.

715. Perciò se due raggi passano l' uno da un mezzo più denso in un più raro, l' altro da un più raro in un più denso, e l'angolo di refrazione di questo sia eguale a quel d'incidenza dell'altro, saranno eguali fra loro gli altri angoli d'incidenza e di refrazione. Infatti (fig. 127) sia X un mezzo terminato dalle superficie parallele EF e HL, che lo separano da' due lati del mezzo Z. Suppongo il mezzo X più denso, che supposto più raro darebbe il medesimo risultato. La luce entra per CA, è rifratta per CB, ed esce per BG. Condotte per C e B le normali NCM e PBO, gli angoli MCB e CBO alterni interni son eguali. Dun-

(340) Un raggio luminoso non può passare da un mezzo più denso in un più raro se l'angolo d'incidenza è maggiore dell'angolo, il cui seno sta al raggio come il seno d'incidenza sta a quel di refrazione: per es. non passerà

1.° dall' acqua nell' aria	} se l' angolo d'incidenza è > di			
2.° dal vetro nell' aria				
3.° dal vetro nell' acqua				
1.° 48° 36'	} il cui seno è	1.°	$\frac{3}{4}$	} del raggio.
2.° 40° 11'		2.°	$\frac{2}{3}$	
3.° 59° 20'		3.°	$\frac{1}{2}$	

que per la forza attrattiva che agisce da' due lati nella istessa maniera, sono anche eguali gli angoli ACN e PBG ; ma MCB è l'angolo di refrazione nella prima refrazione, e CBO è l'angolo d'incidenza nella seconda; dunque gli altri due angoli son eguali. Onde un raggio di luce conserva la sua direzione se attraversa un mezzo terminato da superficie parallele, perchè l'inflessione che soffre verso un lato dove entra, è perfettamente simile all'inflessione che prova dal lato opposto donde esce; dunque i raggi AC e BG sono egualmente inclinati sulle parallele MN e OP , e però son paralleli fra loro.

E se un raggio di luce cade perpendicolarmente sulla superficie che separa i due mezzi, egli non devia dalla linea retta per la forza attrattiva del mezzo più denso, perchè questa forza agisce allora nella direzione del moto del raggio.

716. Ma dopo esserci finora occupati dell'attrazione del mezzo più denso perchè più energica, non trascuriamo l'azion del mezzo più raro, poichè ella diminuisce l'azion del mezzo più denso, che divien tanto più debole sulla luce, quanto meno differiscono i mezzi in densità: dal che nasce esser nulla la refrazione quando i mezzi han la stessa densità, ed esser essa tanto più grande quanto più sensibil differenza ammetton fra loro le densità.

717. Qualunque sia l'obliquità o l'inclinazione di un raggio lucido, che passa da un mezzo in un altro di diversa densità, il rapporto del seno dell'angolo d'incidenza al seno dell'angolo di refrazione è costante e invariabile. Questa legge dataci dall'esperienza si deduce facilmente dall'accelerazion che fa nascere la forza attrattiva. Poichè sebbene l'azion d'un corpo sulla luce è sempre diretta perpendicolarmente alla sua superficie; l'accelerazion della velocità della luce nel passaggio da un mezzo più raro in un più denso, o il ritardo nel passaggio da un mezzo più denso ad un più raro, sono gli stessi, giacchè

quantunque l'accelerazione o il ritardo sia minore quando il moto è più obliquo, pure la lor durata è più lunga, e così si ha una compensazione; onde evvi un rapporto costante fra le velocità di un raggio lucido in due mezzi dati (341). Sia AC (fig. 128) la velocità del raggio incidente, che decompongo in AO parallela e in CO normale alla superficie EF , la quale separa il mezzo Z dal mezzo più denso X . La velocità parallela AO non è punto alterata dall'attrazione del mezzo X , la quale aumenta bensì esclusivamente la velocità verticale OC ; aumento che esprimo per RS . Sopra CF presa $CV = AO$, e tirata AQ normale ad EF sarà $CQ = CV$. E tirata $CR = OC$ con aggiungervi RS , allora dopo la sua immersione nel mezzo X il raggio sarà animato dalle forze CS

(341) Il Matematico Olandese Snell trovò, che, se (fig. 126) AC è il raggio incidente e CB è il suo refratto (mentre se in C non soffrisse AC refrazione il raggio intero sarebbe AD) il rapporto fra CB e CD è eguale al rapporto che passa fra qualunque altro raggio (m e n) incidente e refratto, e che se il mezzo Z è aria e il mezzo X è acqua, la luce nel passare dall'aria nell'acqua dà i rapporti costanti $CB : CD :: 4 : 3 :: m : n$. Per maggior facilità Cartesio poi tirò i seni $Do (= BS)$ e RT in un medesimo cerchio $FDTM$ fatto col centro C , e si ebbe $Do : RT :: 4 : 3$. Questo rapporto si chiama *rapporto di refrazione*, e gli angoli d'incidenza e di refrazione si soglion denominare dal mezzo ove sono, cioè si dice angolo nell'aria, nell'acqua, nel vetro ec. I rapporti di refrazione che più ci interessano son quelli che hanno fra loro l'aria e il vetro, l'aria e l'acqua.

	{ comune	3 : 2
aria e vetro	{ crown-glass	1, 55 : 1
	{ flint-glass	1, 58 : 1
aria e acqua		4 : 3

Dunque se il raggio passa dall'acqua nel vetro, il rapporto fra il seno d'incidenza e di refrazione sarà $\frac{4}{3} : \frac{3}{2}$ ossia 9 : 8.

e CV, le quali combinate faran descrivere al raggio la diagonale CB del parallelogrammo descritto sulle direzioni di queste forze, e però CB esprimerà la velocità e la direzione del raggio dopo la sua immersione nel mezzo X. Dunque col centro C e raggio CA descritto un circolo il quale taglierà in T la CB, e da T tirata la TR normale a CS, avremo $CB : CT :: BS : TR$ ossia $CB : CA :: AO : TR$: cioè la velocità del raggio dopo la refrazione sta alla sua velocità avanti la refrazione come il seno dell'angolo d'incidenza sta al seno dell'angolo di refrazione. E perchè le CA e CB esser debbono costantemente le stesse, così è costante e invariabile il rapporto fra i seni AO e TR.

718. Per essere l'angolo DCM (fig. 126) eguale all'angolo d'incidenza ACN, se descrivasi il quadrante FDM, il seno di quest'angolo è Do, ed è TR il seno dell'angolo di refrazione BCM. E concependo un circolo descritto col centro C che passi per il punto V, le BC e DC sono le cosecanti degli angoli di refrazione e d'incidenza; e però per essere $BC : TC (=DC) :: BS (=Do) : TR$, si ha il teorema, che *le cosecanti degli angoli di refrazione e d'incidenza sono in ragion' inversa di quest'angoli stessi*.

719. Ed il medesimo rapporto costante de' seni ha luogo anche nel passaggio da un mezzo più denso in un più raro, perchè gli angoli ACN e MCB non cambiano qualunque sia il raggio incidente AC (fig. 128) o BC. Se BC rappresenta la velocità del raggio incidente, AC rappresenterà quella del refratto; perchè la velocità del raggio che passa da X in Z è ritardata dalla forza attrattiva verso il mezzo X nell'istessa maniera con cui è accelerata nel moto contrario.

720. E poichè tutte le molecole dei corpi agiscono sulla luce, la lor forza rifrangente dee seguire il rapporto della lor densità, quando l'azione d'ogni mo-

lecola è la stessa; il che ha luogo nell'aria, vetro, cristallo di rocca, zolfato di calce ec.

Le molecole di più corpi differenti esercitano un'azione differente sulla luce; ma si posson rapportare a differenti classi, in ciascuna delle quali la forza rifrangente de' corpi è proporzionale alla lor densità. Abbiamo ora indicata una di queste classi; i corpi combustibili ne formano un'altra, a cui Newton riporta la canfora, l'olio d'oliva e di lino, l'ambra, lo zolfo, l'alcool, il diamante. Nei quali tutti la forza rifrangente di tutte le molecole è sensibilmente eguale, ma molto più grande di quella che ha luogo nella classe precedente. Newton pure considera che la forza rifrangente dell'acqua è fra mezzo a quella de' corpi delle dette due classi, cosa che ora non fa meraviglia dacchè si sa che l'acqua è composta delle basi di due gas (§. 466) ossigeno e idrogeno, il primo de' quali è pochissimo rifrangente, mentre l'altro per esser eminentemente combustibile (§. 474) gode di una gran potenza refrattiva (342). Da ciò si vede che 1.º un bastone diritto messo in parte e obliquamente nell'acqua dee comparir rotto, perchè la parte immersa è veduta per mezzo di raggi che ella riflette, e che prima di giunger all'occhio passano obliquamente dall'acqua nell'aria, cioè da un mezzo più denso in un più raro; dunque s'allontanano dalla perpendicolare alla superficie dell'acqua: dunque la parte immersa del bastone apparisce avvicinarsi alla super-

(342) Dopo essersi vedute che i combustibili rifrangon la luce più dei non combustibili, Fischer e Arago da molte esperienze hanno ora rilevato, che dall'idrogeno ricevono la loro gran forza rifrangente gli olj, le resine, e tutte le sostanze combustibili. Anzi trovarono che la potenza rifrangente di un composto è formata delle potenze rifrangenti dei componenti in proporzione delle masse.

ficie dell'acqua, e però sembra formar un angolo con la parte non immersa; il che fa comparir rotto il bastone: 2.° per la stessa ragione un pezzo d'argento posto in un bicchiere, ci sembra elevarsi a misura che vi si versa una maggior quantità d'acqua: 3.° ed è la refrazione che ci fa veder più alti gli astri di quello che non lo sono in realtà (343).

(343) Poichè succede la visione per mezzo di una linea retta, dovrà vedersi l'oggetto nel concorso del raggio refratto continuato col *cateto d'incidenza*. Perciò l'occhio nell'aria veder deve un oggetto sott'acqua 1.° più alto o più vicino, 2.° più grande. Infatti 1.° l'occhio vede l'oggetto per mezzo del raggio refratto, cosicchè essendo l'oggetto A (fig. LXX) sott'acqua, il raggio AG rifrangendosi non segue la stessa direzione AB ma vi devia verso GD, che prolungato forma il raggio refratto DC determinato dal punto del di lui concorso in C col *cateto d'incidenza* AE: 2.° giacchè gli oggetti ci compariscono tanto più grandi quanto più grande è l'angolo sotto cui ci si presentano, l'oggetto AB (fig. LXXI) sott'acqua, che rifrange i raggi AC e CB in O, si vedrà per i raggi refratti OD e OE, che fanno l'angolo DOE > ACB.

Dunque al contrario gli oggetti che sono in un mezzo più raro del mezzo in cui è l'occhio, veder debbonsi e più lontani e più piccoli, come appunto succede ai palombari e ai pesci quando di sott'acqua rimirano oggetti che sono al di sopra di essa.

In generale un oggetto immerso nell'acqua apparisce più alto o più vicino all'occhio per $\frac{1}{4}$ della sua profondità sotto la superficie dell'acqua. Anzi è dimostrato, che i raggi che parton da un oggetto per cadere sopra una superficie rifrangente passando da un mezzo più denso in un più raro, rappresentano l'immagine dell'oggetto in tal posto, che la di lei distanza sta a quella dell'oggetto dalla superficie rifrangente come il seno d'incidenza sta a quel di refrazione nel mezzo più raro. E per questo anche la profondità di un fiume sembra minore di quel che sia in realtà; per questo una mazza messa a perpendicolo al fondo di esso sembra più corta; per questo apparisce rotto il bastone se è immerso nell'acqua obliquamente; per questo volendo tirare a palla ad un pesce

C A P. II.

Della refrazione in messi separati da superficie piane.

Sebbene le superficie che separano i mezzi possan variare all' infinito, come pure i raggi; tuttavia noi non consideriamo che le superficie piane e sferiche, ed i raggi paralleli, divergenti, e convergenti: anzi fra i raggi divergenti e convergenti consideriamo i poco dispersi, cioè quelli che passando da un mezzo in un altro occupan pochissimo spazio nella superficie dei mezzi; fra i quali se ve n' è uno perpendicolare ad essa, i raggi si dicon *diretti*, altrimenti si dicono *obliqui*.

721. Ora se raggi paralleli passano da un mezzo in un altro di diversa refrangibilità separati da una superficie piana, essi mantengonsi paralleli perchè son tutti egualmente rifratti.

722. Che se si suppone che i raggi divergenti RC , (fig. 129) Rb e Ra partendo dal punto R attraversino il mezzo Z separato dal mezzo X più rifrangente del primo per via del piano ES , il raggio RC supposto normale alla superficie ES non si allontana dalla via retta, e continua a muoversi per CG ; laddove i raggi Rb e Ra soffrono verso le normali che si suppongono tirate dai punti b ed a sulla superficie ES , una refrazione facile a determinarsi. Poichè sia RM un raggio che parte da R , ORC la normale tirata per il punto R alla superficie che separa i mezzi, si prenda MO che stia ad MR come il seno d'inciden-

nell'acqua s'inganna chi gli mira contro per il suo raggio visuale ec.; e per questo il nascere e il tramontar degli astri non succede nel tempo preciso dato dal calcolo, come vedrassi poi al Cap. V.

sta al seno di refrazione, cioè come la cosecante di refrazione sta alla cosecante d'incidenza (§. 718). Applicando la MO dal punto M nell'angolo MCR si determina il punto O ; donde si dee tirar per M la retta MN , che sarà coincidente col raggio rifratto, perchè tirando al punto M la linea YMV normale sul piano ES , l'angolo d'incidenza è VMR e quel di refrazione $YMN = VMO$: e se s'immagini descritto un circolo col centro M e raggio MC , le MO e MR son le cosecanti degli angoli di refrazione e d'incidenza, onde MN è il raggio rifratto. Con lo stesso raziocinio si fissa la refrazion de' raggi divergenti diretti e poco dispersi come RC , Rb , Ra , perchè supposto Ra e ra nel medesimo rapporto delle cosecanti, aA sarà il raggio rifratto; ma per ipotesi Ca è cortissima, dunque Ra e RC , come ra e rC , non differiscon sensibilmente; dunque RC e rC sono nel medesimo rapporto delle cosecanti: e però il raggio Rb e gli altri raggi poco dispersi son rifratti come se partissero dal medesimo punto r , che è il foco immaginario de' raggi rifratti.

Dal che segue che *quando i raggi passano da un mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, i raggi divergenti divengon meno divergenti, e la distanza del punto luminoso dalla superficie sta alla distanza del foco immaginario come il seno di refrazione al seno d'incidenza.*

723. In simil modo si determina la refrazione de' raggi convergenti. Poichè sia PC un raggio, che supposti gli stessi mezzi Z e X è diretto al punto dato f ; facendo passare al punto f la linea $TfDH$ normale alla superficie che separa i mezzi, se la cosecante di refrazione sta alla cosecante d'incidenza :: $QT : Qf$, sarà QT il raggio rifratto, come si dimostra col raziocinio di qui sopra (§. antec.).

Onde i raggi diretti poco dispersi e convergenti passando da un mezzo in un altro più rifrangente divengon meno convergenti: i raggi Ii , Ll , HD , diretti al fuoco

immaginario f si riuniscono al fuoco vero F che è più lontano, come si vede ragionando nel modo tenuto qui sopra dei raggi divergenti (§. antec.). E questi raggi muovonsi per le medesime linee qualunque sia il punto da cui partono.

724. Così da ciò che si è detto del moto de' raggi da un mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, è facile il dedurre ciò che riguarda il moto contrario. I raggi partendo dal punto F che divergono in un mezzo più rifrangente X , si muovono in un mezzo meno rifrangente Z come se partissero dal punto f , cioè essi divengono più divergenti. I raggi convergenti che tendono al punto r , si riuniscono al punto R e divengono più convergenti. Che se son troppo dispersi, non si riuniscono al medesimo punto, ma si concepiace un piccolo spazio per cui passano i raggi, e che è tanto più grande quanto più son essi dispersi.

Il volere ora discorrere de' raggi obliqui i quali richieggono una più difficile ricerca, ci devierebbe dai limiti d' un trattato elementare.

C A P. III.

Della refrazione in mezzi separati da superficie sferiche.

725. (344) Siano X e Z (fig. 130, 131, 132, 133) mezzi separati da una superficie sferica MBb , che ha

(344) Negli strumenti ottici, a discorrer de' quali qui si dispone l' A , si considera il *foco*, perchè l' immagine d' un oggetto osservato con essi è una riunione di fochi formati da varj punti raggianti dell' oggetto medesimo: chiamasi *foco reale* quel punto ove fisicamente e effettivamente riuniscono i raggi refratti; e chiamasi *foco immaginario* o *virtuale* quel punto in cui riuniscono i raggi refratti, che parton dall' oggetto o *punto raggiante*, pro-

il suo centro in C , supposto il mezzo Z meno rifrangente di X . Un raggio incidente che passa per il centro o che vi passerebbe se fosse prolungato, non devia dalla linea retta, perchè abbiám veduto (§. 686) che una superficie sferica può riguardarsi come formata da un'infinità di piccoli piani normali all'estremità de' diametri, onde gli angoli d'incidenza e di refrazione son quelli stessi che con queste linee formano i raggi incidenti e refratti. Se MN è un raggio incidente, per trovare il refratto tirate MC per il centro C e BCD parallela al raggio MN , prendasi a piacere il punto d , e nell'angolo MCd applicate la linea dm che stia a dC come il seno d'incidenza sta al seno di refrazione; il raggio refratto MD sarà parallelo a md . MC forma con MD da una banda un angolo ottuso, e dall'altra acuto. Quando dm sorpassa dC , s'applica dm nell'ottuso, e nel caso contrario nell'acuto: ciò accade sempre nel passaggio da un mezzo più rifrangente in uno meno rifrangente. Se in tal caso la dm non è abbastanza lunga per poter essere applicata nell'angolo, la refrazione è impossibile; e il raggio non passa nel mezzo meno rifrangente. Allora se conosciuto l'angolo d'incidenza si cerca col calcolo l'angolo di refrazione, si trova che è maggior dell'angolo retto; dunque la refrazione è

lungati che siano al di là della superficie rifrangente. Così nella fig. LXXII. essendo $S M N T$ una superficie convessa, A è il punto raggianti, C il centro della lente a cui tendono i raggi $a M d$ e $c N d$, normali in M e N alla lente, AM e AN sono i raggi incidenti, i cui refratti sono MP e NQ , gli angoli d'incidenza sono AMa e ANc , e gli angoli di refrazione sono AMP e ANQ , e il foco immaginario è F dove i raggi refratti prolungati vanno a concorrere dalla parte stessa della superficie rifrangente: dovechè (fig. LXXIII) essendo le cose come sopra, F è il foco reale perchè realmente ivi si uniscono i raggi refratti $N F$.

impossibile. Ciò posto essendo per costruzione $d m : d C ::$ il seno d'incidenza al seno di refrazione, MD è il raggio refratto, se $MD : DC ::$ il seno d'incidenza al seno di refrazione: la qual proporzione ha luogo, perchè in ogni triangolo i seni degli angoli son proporzionali ai lati opposti, e un angolo qualunque ha il medesimo seno del suo supplemento. Dunque nel triangolo MDC i lati MD e DC son fra loro come i seni degli angoli $MCD (= MCB)$ e CMD , i quali sono come il seno d'incidenza è al seno di refrazione; ma MCD è l'angolo d'incidenza, dunque CMD lo è di refrazione o il suo supplemento. Se il punto D cade nel mezzo in cui è dato il raggio incidente, come allor quando la convessità della separazione è dal lato del mezzo più rifrangente, il raggio refratto non è più la DM ma il suo prolungamento.

726. Da ciò si vede facilmente in qual maniera i raggi diretti paralleli poco dispersi vengon refratti passando per mezzi separati da una superficie sferica. Poichè il raggio AB non devia dalla linea retta, ab è refratto, e diviene $bF (= bf)$, e $bF : FC ::$ il seno d'incidenza al seno di refrazione. Ma per esser Bb piccolissima, son sensibilmente eguali bF e BF ; dunque se si determina il punto F in modo che $BF : FC ::$ il seno d'incidenza al seno di refrazione, F sarà il fuoco o il punto di dispersione di tutti i raggi refratti paralleli ad AB , e che la circondano ad una piccola distanza; i quali son convergenti quando la convessità della separazione è dal lato del mezzo meno refrangente, concorrendo allora in F . Nella disposizion contraria della superficie son divergenti, e si muovono come se partissero da F .

727. Se vogliasi esaminar separatamente tutti i casi della refrazione, basta solamente considerare se la refrazione si fa dal lato della normale o no, e ci sarà facile conoscer ciò che segue.

Se la luce passa da un mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, che sian separati da una super-

ficie sferica, la cui convessità sia rivolta verso il primo mezzo, hanno luogo i seguenti risultati: 1.° i raggi paralleli divengon convergenti; 2.° i raggi divergenti quando il punto luminoso è assai lontano, divengon pure convergenti, ma avvicinandosi il punto luminoso, si allontana il fuoco, e allontanandosi quello, questo si avvicina; 3.° il punto luminoso può talmente avvicinarsi alla superficie che separa i mezzi, che il fuoco si allontani ad una distanza infinita cioè che i raggi refratti divengan paralleli; 4.° se il punto luminoso R più che mai si avvicina, i raggi refratti diverran divergenti sebben meno dei raggi incidenti; 5.° se i raggi incidenti son convergenti e tendono al centro della superficie sferica, non soffron refrazione; 6.° se son diretti verso un altro punto, essendo essi refratti dal lato della perpendicolare si curvano in modo, che il fuoco di questi raggi convergenti è sempre fra il centro della superficie che separa i mezzi ove tendono tutte le perpendicolari, e il punto ove tendono i raggi incidenti; cioè se il fuoco immaginario dei raggi incidenti è dato ad una distanza minor di quella del centro, i raggi refratti sono men convergenti; e se il fuoco immaginario è dato al di là del centro, essi saran più convergenti.

728. Supposto ora che la convessità della superficie sferica sia rivolta dal lato del mezzo più rifrangente, e che la luce passi come prima dal mezzo meno rifrangente in un altro più rifrangente, si hanno i risultati seguenti considerando che la refrazione si fa verso la perpendicolare: 1.° i raggi paralleli divengon divergenti; 2.° se i raggi son divergenti e il punto luminoso sia dato nel centro della superficie che separa i mezzi, i raggi non son curvati dalla refrazione; 3.° se il punto luminoso è meno lontano dalla superficie, i raggi refratti saran meno divergenti; ma se n'è più lontano che il centro, essi son più dispersi degli incidenti; 4.° se i raggi son convergenti e il fuoco immaginario sia nel mezzo più

rifrangente, a una piccola distanza dalla superficie che separa i mezzi, i raggi refratti divengono pur convergenti ma meno degli incidenti; 5.° se il fuoco immaginario de' raggi incidenti è più lontano, cioè se son men convergenti, lo saranno ancora i raggi refratti, finchè per l'allontanamento del fuoco immaginario divengono essi paralleli; 6.° in una più grande lontananza del fuoco immaginario, i raggi refratti divengon divergenti.

729. In simil modo determinasi il passaggio da un mezzo più rifrangente in un altro meno rifrangente; sul che se la convessità della superficie è rivolta dalla parte del mezzo men rifrangente, si hanno i seguenti risultati: 1.° i raggi paralleli dopo la refrazione si riuniscono al fuoco; 2.° i raggi che parton dal punto luminoso si riuniscono parimente al fuoco, e avvicinandosi il punto luminoso il fuoco s'allontana, e viceversa.

730. Si può disporre il punto luminoso in modo che il fuoco sia a una distanza infinita, cioè in modo che i raggi refratti sian paralleli: 1.° se più s'avvicina il punto luminoso, i raggi refratti son divergenti, ma meno degli incidenti quando il punto luminoso è più lontano dalla superficie che il centro; 2.° ma se il punto luminoso è fra la superficie ed il centro, i raggi refratti saran più divergenti; 3.° se i raggi son convergenti, sono in tutti i casi più convergenti.

731. Consideriamo ora i raggi che passano da un mezzo più rifrangente in un altro meno rifrangente, supposta la superficie concava verso il mezzo meno rifrangente. 1.° Se questi raggi son paralleli, divengon divergenti per la refrazione. 2.° Se parton dal punto luminoso, divengon più divergenti, e a misura che s'avvicina il punto luminoso divengon più che mai divergenti. 3.° I raggi convergenti che tendono al centro della superficie sferica non soffrono cangiamento. 4.° Se son più o meno convergenti, il fuoco immaginario degli incidenti è sempre fra il centro della

superficie che separa i mezzi è il fuoco de' raggi refratti, che può esser lontano all'infinito, di modo che i raggi refratti sian paralleli. Tutto ciò riguarda soltanto i raggi diretti (E'').

C A P. IV.

Delle lenti.

732. Il vetro è più denso dell'aria e più rifrangente in ragion della sua densità. Secondo la diversità delle superficie che terminano un vetro, il moto del fluido luminoso che lo attraversa soffre differenti alterazioni da determinarsi; al quale oggetto bisogna considerare i vetri circondati da un mezzo men rifrangente come l'aria, e terminati da differenti superficie. Non considerando che le superficie piane e sferiche, se ne trovan sei classi differenti; cioè un vetro o un mezzo qualunque può essere 1.° piano da due lati, 2.° piano da uno e convesso dall'altro, 3.° convesso da ambedue, 4.° piano da uno e concavo dall'altro, 5.° concavo da ambedue, 6.° concavo da uno e convesso dall'altro. Se si tratta d'un vetro più grosso, nei 5 ultimi casi prende il nome di lente, che nel 2.° caso si chiama piano-convessa, nel 3.° convessa, nel 4.° piano-concava, nel 5.° concava, nel 6.° concavo-convessa o *menisco*; in generale dà il nome alla lente la superficie che è porzione d'una più piccola sfera. In ogni lente l'asse è la normale alle due superficie, le quali essendo sferiche l'asse passa per i centri d'ambedue: ma se se ne suppone una piana, l'asse le è perpendicolare passando per il centro dell'altra. Le lenti regolari sono orbicolari, e l'asse passa per il centro della lente.

733. Quando i raggi attraversan' un mezzo terminato da due superficie piane parallele, la direzione de' raggi non tangia, caso che si dà nei vetri piani.

Quanto s'iam per dire del passaggio della luce a traverso le lenti, riguarda esclusivamente i raggi diretti e poco dispersi.

734. I raggi di luce che passano a traverso una lente convessa si curvano gli uni verso gli altri, e ciò tanto più quanto più grande è la convessità; al contrario i raggi che attraversano una lente concava s'allontanano gli uni dagli altri, e ciò tanto più quanto più grande è la concavità. Perchè i raggi che passano a traverso un vetro piano non cangian di direzione (§. antec.), ma una delle superficie o ambedue divenendo curve cangia la direzione de' raggi, essi si curvan più dalla parte dell'asse della lente per la convessità della superficie del vetro, ed essendo concava la superficie, s'allontanano dal suo asse. Ciò è chiaro in tutti i casi se si paragona l'inflessione su una superficie piana perpendicolare all'asse con l'inflessione su una superficie sferica; e la differenza delle inflessioni, cioè il cangiamento di direzione de' raggi, aumenta con la distanza dall'asse.

735. Dal qual principio si deducono le proprietà delle lenti convesse: 1.° passando de' raggi paralleli a traverso ad una lente convessa, si riuniscono al fuoco, 2.° i raggi divergenti o lo son meno o divengono paralleli o in fine divengono convergenti; in questo caso se il punto luminoso s'allontana, s'avvicina il fuoco e viceversa; il che ha luogo quando il punto luminoso è dalla lente più lontano che il fuoco dei raggi paralleli; 3.° i raggi convergenti lo divengono più nell'escire dalla lente.

736. Dal medesimo principio si deducon le proprietà delle lenti concave: 1.° i raggi paralleli divengono divergenti passando da una lente concava; 2.° i divergenti lo divengono più che mai; 3.° i convergenti talvolta lo divengono meno; nel qual caso se la convergenza de' raggi incidenti scema, potranno esser diretti in modo da esser paralleli nell'escire; e se allora gl'incidenti divengono ancora men con-

vergenti, al loro uscire si dispergeranno (345) (F''):

737. Se una lente convessa si ponga in modo che il suo asse passi per il Sole, perchè allora i suoi raggi che passan per la lente si riuniscono in piccolo spazio, la lente convessa diviene uno specchio ustorio. Sia infatti una lente convessa di 7^{pol.} in circa di diametro situata in modo che un raggio del Sole coincida col di lei asse: se essa a 1 metro (quasi 3^{p.} e 11^{l.}) di distanza riunisce i raggi paralleli che parton da tutti i punti del Sole, e a tal distanza vi si presenti un corpo combustibile su cui cada l'immagin del Sole, subito questo brucia, sebbene è imperfetta l'immagine per non esser piccolissima sì per la grandezza del Sole sì per la grandezza della lente, e però si scema lo spazio in cui si fa la combustione con una seconda lente convessa, che rende i raggi più convergenti; la quale è assolutamente necessaria quando la prima lente ha un diametro di 2^{p.} in 3^{p.}, dandosi così al fuoco un alto grado d'attività. Trudaine ha fatto fare a Parigi una lente formata di due segmenti d' 8^{p.} di raggio, riuniti con arte e con riempirne il vacuo interno con dell'alcool; la qual lente è montata su un piede mobile per ogni verso per farle ri-

(345) Spesso si ha bisogno di trovare il fuoco di una lente. Per farlo si copra una sua superficie con un foglio bucherellato con uno spillo, si esponga direttamente al sole, si ricevano su una carta poco lontana i raggi che passano per i detti buchi. Se la lente è convessa, si allontanano la carta finchè i cerchietti lucidi formati dai raggi che passano per detti buchi si confondano in un solo cerchio, il quale è il fuoco della lente, onde misurando la distanza fra esso e la lente si avrà la distanza focale. Se poi la lente è concava, si allontanano la carta finchè la distanza di due cerchietti luminosi sia doppia della distanza dei due buchi corrispondenti della carta che copre la lente, e allora la carta sarà allontanata dalla lente di una quantità eguale alla distanza focale della lente: misurando tal lontananza si ha la distanza focale.

vedere i differenti aspetti del Sole: il fuoco che ha 15¹ di diametro, è 11^P distante dal centro: quasi in un tratto vi si fondono l'oro, l'argento, il ferro ec

C A P. V.

Della refrazione astronomica.

738. La refrazione astronomica è il cangiamento di direzione sofferto dai raggi trasmessi da' corpi celesti allorchè attraversano la nostra atmosfera; il che fa sì che ci compariscano questi assai più elevati sull'orizzonte di quel che lo siano in realtà. Le osservazioni le più precise non ce ne lasciano oramai alcun dubbio; la più semplice delle quali è non solo che il Sole e la Luna si levan più presto e tramontan più tardi di quel che ci danno le tavole già calcolate, ma ancora che essi ci compariscon tuttora sull'orizzonte quando già debbono esservi sotto. Infatti è sempre vero che i corpi celesti ci si rendon visibili per mezzo de' raggi inviatici. Ma intanto perchè questi giungano a noi debbono attraversar l'atmosfera, la quale è composta di strati fluidi di una densità che sempre cresce fino alla superficie terrestre. Dunque essi nell'escire da uno spazio vuoto o almeno da un mezzo assai più rado dell'aria, nel cader sulla superficie dell'atmosfera si avvicinano alla perpendicolare (§. 713); e perchè sempre più cresce la densità degli strati atmosferici da essi attraversati, nell'avanzarvisi vi si inflettono sempre più, e arrivano all'occhio nella direzione di una curva la cui cavità è rivolta verso la terra: talmente che, siccome riportiam sempre gli oggetti all'estremità del raggio visuale prolungato in linea retta, così l'astro sarà riportato all'estremità della tangente a questa curva nel punto in cui il raggio fa impressione sull'occhio dell'osservatore; onde per l'effetto della refrazione gli astri deb-

bon comparirci più presso allo zenith di quel che realmente vi siano, e però per ridurre le altezze apparenti degli astri alle vere bisogna toglierne la quantità della refrazione. Quindi è che 1.° gli astri allo zenith non provan rifrazione; 2.° quelli che sono all'orizzonte vi soffron la maggior rifrazione; 3.° la rifrazione scema continuamente dall'orizzonte fino allo zenith. Il che succede perchè nel 1.° caso i raggi son perpendicolari, nel 2.° sono più obliqui, e nel 3.° quest'obliquità va sempre scemando. Alla stessa refrazione son soggetti il Sole e le Stelle quando sono egualmente elevati sull'orizzonte, perchè i raggi incidenti ad altezze eguali hanno le stesse inclinazioni, e perchè hanno un rapporto costante (§. 717) i seni degli angoli di refrazione e d'incidenza.

739. Ticone Brahe che fu il primo a dedur dalle sue osservazioni le refrazioni del Sole, della Luna e delle Stelle fisse, fa le refrazioni Solari assai maggiori di quelle delle Fisse, e di queste fa ora maggiori ora minori le Lunari. Ma poi La Hire dietro a precise osservazioni ci diede una tavola delle refrazioni de' corpi celesti nei loro diversi gradi d'elevazione. Sebbene fu poi questa tavola modificata da Bouguer con una tavola nuova, la quale sicuramente verrà di nuovo modificata finchè si possano esattamente valutare tutti gli elementi che si combinano nella produzione delle refrazioni astronomiche: Infatti mentre si sa da esatte esperienze, che data la stessa temperatura la forza refrattiva dell'aria è in ragion della sua densità, si domanda 1.° se data la stessa densità varia ancor questa forza al variar della temperatura? 2.° se sulle refrazioni astronomiche influisce lo stato igrometrico dell'aria? A ciò ha risposto La Place (*Mecan. cel.* l. 4, e *Exposit. du syst. du monde*), e 1.° fa vedere che è insensibile l'influenza dell'umidità sulle refrazioni, perchè se la forza refrattiva del vapore aqueo la vince su quella dell'aria, quest'acceso vien quasi all'esattezza compensato dalla

sua minor densità: 2.° mostra l'inesattezza di tutte le leggi finora proposte per determinare la diminuzione che prova il calore a misura che uno si eleva nell'atmosfera, e ne dà un'altra in cui si sottopone a rappresentare insieme le osservazioni delle refrazioni, quelle del barometro sulle montagne, e le esperienze fatte direttamente su questa diminuzione nelle ascensioni aerostatiche: 3.° considera prima la refrazione quando l'altezza apparente degli astri eccede 12° , e prova che allora dipende dallo stato del barometro e del termometro nel luogo dell'osservatore; il che lo conduce ad un metodo semplice per costruire una tavola di refrazioni da 12° d'altezza apparente sino allo zenith, intervallo in cui si eseguono quasi tutte le osservazioni astronomiche: 4.° fa vedere che al di sotto da 12° d'altezza apparente importa aver riguardo alle variazioni di densità e di temperatura de' diversi strati atmosferici attraversati dal raggio; la soluzione del qual probl. gli somministra uno sviluppo ingegnoso di processi analitici (G'').

C A P. VI.

Della diffrazione.

740. I raggi luminosi che rasentano la superficie de' corpi provano una doppia inflessione, osservata per la prima volta da Grimaldi e da lui chiamata *diffrazione*. Newton nell'occuparsene ne scoprì molte leggi, e le fece dipendere dalla stessa causa che produce la refrazione e la riflessione. E Flaugergues di fresco cercò di render sensibile la doppia deviazione provata da un raggio solare nel passare che fa presso alla superficie de' corpi, e assicurossi che nelle circostanze del fenomeno niuna modificazion sensibile vi recano nè la figura de' corpi, nè la lor densità, nè

la lor temperatura, nè la natura dei mezzi diafani che gli circondano.

741. Le quali ricerche preliminari hanno condotto Flaugergues a misurar l'angolo formato dal raggio inflesso col raggio diretto, trovando esser esso di circa $1' 19''$; cosa che gli ha dato il mezzo di notare alcuni errori sfuggiti a Grimaldi, il quale mal' a proposito estese a corpi e ad aperture di qualunque dimensione ciò che non appartiene che a corpi e ad aperture di piccolissime dimensioni.

L'osservazione delle bande colorite che all'interno e all'esterno veggonsi lungo il limite dell'ombra de' corpi opachi per l'effetto della diffrazione prova a Flaugergues che la diffrazione al pari della refrazione scompone il fluido luminoso, senza però che sia continua la sua azione, dimodochè essa finisce e si rinnova successivamente alle diverse distanze dal corpo che la produce.

Inoltre Flaugergues sottomette all'azion d'un corpo un raggio solare già decomposto dal prisma, e scopre che l'azione della diffrazione per decomporre il fluido luminoso è inversa di quella della refrazione, cioè che i raggi meno rifrangibili son più diffratti e viceversa.

Quindi fa passare un raggio solare fra due lame parallele o che forman fra loro un angolo acutissimo, e ne ottiene di ridurre a certezza la congettura di Newton sulla curvatura iperbolica che nel secondo caso compariscono affettar le bande luminose: e stabilisce un ravvicinamento ingegnoso fra questo fenomeno e il fenomeno analogo prodotto dall'azion capillare; e con applicarvi il calcolo arriva alla conclusione, che la forza che produce la diffrazione è una forza sensibilmente costante, sebbene la di lei azione cessa d'esser sensibile ad una piccolissima distanza dal contatto. Finalmente dopo aver determinate le leggi della diffrazione, Flaugergues nell'investigar la causa che la fa nascere, prova con le os-

servazioni astronomiche, che i raggi eterogenei di cui è composto il fluido luminoso, han tutti la stessa velocità; onde la differenza di refrangibilità notata non può aver' altra causa che la diversità di massa delle loro molecole: e suppone che la lor forma sia sferica e che indipendentemente dal loro moto di traslazione siano animate da un moto di rotazione uniforme per tutte al pari del primo; e di più suppone che ognuna di queste molecole abbia due poli, l'uno dei quali attrae i corpi mentre ne resta anch' egli attratto nel tempo stesso che l' altro gli respinge e ne resta respinto. I quali principj ipotetici danno a Flaugergues una felice spiegazione dei diversi fenomeni della diffrazione. E in ultimo attacca agli stessi principj il fenomeno degli anelli coloriti, tuttora immerso in gran tenebre (346).

C A P. VII.

Della vista.

742. *Occhio.* L'occhio ha tre involucri detti membrane o tuniche; la 1.^a esterna (fig. 134) EDNND E dicesi *cornea*, di forma sferica, la cui parte DED che è un segmento d'una sfera più piccola del resto, ha tutta la trasparenza d'una foglia di corno fine; la 2.^a PIIP dicesi *sclerotica*, che ha un' apertura PP detta *pupilla*, efata all' intorno da una specie di velo nero grigio o blu detto *iride*, il quale conserva sempre alla pupilla la forma circolare o ella si dilata quando l'occhio è al bujo, o si restringa quando è ad una luce viva, due moti involontarj; la 3.^a CD:DC dicesi *coroide*, che è come un tappeto vellutato e im-

(346) V. Montuola, *Hist. des Mathem.* P. V. l. 2. §. 11. E degli anelli coloriti parlerà l'A. nella IV.^a Parte di questo L. al c. 2.

bevato d'un liquore nerissimo che rende l'occhio come una camera oscura, e assorbe i raggi che irregolarmente rifrangonsi nell'occhio: alla corioide al disotto della pupilla è attaccata una specie di lente CC detta il *cristallino* (347), la cui convessità è d'un raggio più piccolo nella sua parte anteriore, e che è ritenuto da due muscoli BC e BC detti *ligamenti ciliari*, i quali secondo il bisogno tirandolo da C verso B diminuiscono la di lui convessità, e possono farle ora avanzare in avanti or ritirare all'indietro. Sul fondo poi dell'occhio verso HH è una reticella bianchissima e finissima detta *retina*, che s'estende sulla corioide. Nello spazio che separa la cornea dal cristallino, vi è un liquor limpidissimo in cui nuota l'iride, detto *umore aqueo*, mentre fra il cristallino e il fondo dell'occhio vi è una sostanza chiarissima, ma d'una consistenza gelatinosa, detta *umore vitreo*.

743. Quando i raggi di luce entrano nell'occhio si rifrangono penetrando l'umore aqueo in modo che il seno d'incidenza sta al seno di refrazione :: 4 : 3; e inoltre rifrangonsi un poco all'entrare e all'escire dal cristallino, mentre nel passaggio dall'umore aqueo al cristallino il rapporto de' seni è :: 13 : 12, e all'ingresso nell'umor vitreo è :: 12 : 13: le quali refrazioni riuniscono tutti i raggi che son partiti da un punto stesso dell'oggetto formandone un'immagine, che fa veder distintamente l'oggetto quando questa si forma sulla retina, e lo fa veder confusamente quando si forma al di quà o al di là di essa (348).

(347) L'opacità del cristallino induce la privazione della vista, malattia che si chiama *cataratta* o *gota serena*, da cui si guarisce con abbassare il cristallino forando con un ago finissimo un lato della cornea, e con tirarlo verso questo lato. Allora la persona operata supplisce al cristallino con una lente assai convessa.

(348) I neonati non distinguon gli oggetti nelle prime 4 in 5 settimane perchè hanno una cornea più grossa.

Ma per concepir meglio la formazione delle immagini si dee considerare, che ogni punto luminoso è il vertice d'una piramide di luce che ha per base la pupilla. Le refrazioni dai raggi sofferte nell'occhio fan convergere i raggi prima divergenti, dimodochè si forma un'altra piramide di luce che ha pure per base la pupilla, e il cui vertice è al fondo dell'organo dove i raggi forman col loro concorso un'immagine sensibile del punto donde son partiti. Ciò posto 1.^o se il punto luminoso è situato in un de' punti dell'asse ottico dell'occhio cioè in un de' punti d'una retta, che cadendo perpendicolarmente sull'occhio passa per il suo centro, per es. il punto R (fig. 134), la sua immagine sarà in un de' punti del medesimo asse, per es. in r, l'immagine del punto Q sarà al punto q dell'asse Qq e l'immagine del punto S al punto s; onde l'immagine di un oggetto ha nell'occhio una situazione rovesciata; 2.^o si forman due piramidi di luce opposte al vertice, che è nel centro della pupilla; delle quali l'esterna ha per base la superficie intera dell'oggetto, e l'interna ha per base l'immagine intera dell'oggetto, la quale fa nascer l'idea della di lui presenza e figura.

744. *Visione* (349). Poichè i raggi di luce che par-

più piana, un po' rugosa e meno lucida, e perchè vi hanno poco o punto umore aqueo; sconcerti che spariscono nello spazio di circa un mese di tempo.

(349) L'esempio di una camera oscura la cui apertura è fornita di un vetro convesso, serve a spiegare il modo con cui in noi succede la visione: la pupilla del nostro occhio è l'apertura della camera, il cristallino ne è il vetro, la retina è il cartone o il muro bianco ove si dipingon gli oggetti. L'occhio è solo una camera oscura più complicata: mentre i raggi emanati da un punto lucido nel cader sulla cornea e penetrar nell'umore aqueo vi provano una refrazione che comincia a fargli convergere; onde solo una parte di essi entra nella pupilla e cade sul cristallino, ove questi raggi hanno una 2.^a re-

ton da un medesimo punto dell' oggetto vanno tutti a riunirsi al medesimo punto dopo aver attraversata una lente convessa, è chiaro che se essi son intercetti da un piano al di quà o al di là del punto di riunione, si formerà sopra esso un' immagine di questo punto, che deve esser tanto più estesa e tanto men viva, quanto si sarà presa più lungi dal fuoco della superficie rifrangente; onde per es. l'immagin del punto B che segue immediatamente il punto A, si confonderà in parte con l'immagin del punto A in modo, che se questi due punti son di differenti colori, l'immagin composta di queste due sarà di tre colori, e però non rassomiglierà all' oggetto nè nelle

frazione; indi passando nell' umor vitreo hanno una 3.^a refrazione. Così, se l'occhio è ben conformato, tutti questi raggi partiti da un punto lucido si riuniscono esattamente in un altro nella retina, ove dipingono l'immagine di detto punto. Lo stesso è di tutti i cono de' raggi partiti dai diversi punti dell' oggetto, il quale così si dipinge nella retina, ma arrovesciato, come uno se ne può accertare col prendere un occhio d' animale morto di fresco e spogliato par di dietro delle sue tuniche senza però danneggiare la retina, e col porlo all' apertura della camera oscura, invece della lente, mentre sul cartone si vedran gli oggetti roversciati.

La distinzione poi con cui vediamo un oggetto, dipende dalla distinzione con cui la di lui immagine si dipinge nell'occhio. Se ogni cono lucido porta esattamente il suo punto sulla retina, e tutte le parti dell' oggetto e i suoi estremi sono esattamente terminati, l' oggetto si vedrà distintamente; laddove se ogni punto cade o in avanti o di là dalla retina, questa immagine sarà confusa come nella camera oscura se il muro ove si dipinge l'immagine è o troppo vicino o troppo lontano dal vetro. Così nei *presbiti*, in cui il cristallino schiacciato non refrange abbastanza la luce, la retina è troppo vicina, e però i raggi del corpo lucido si riuniscono al di là della retina; quindi è che un vetro convesso gli farà riunire più presto e sulla retina.

Tom. III.

dimensioni, nè nella figura, nè nel colore, nè nella chiarezza. Ma se il piano intercetta i raggi al punto di concorso, l'immagin del punto A sarà un punto perfettamente distinto dall'immagin del punto B. Dunque la vision distinta degli oggetti è quella in cui i raggi arrivano alla retina nel vero punto di riunione, e la vision confusa è quella in cui vi giungono o prima o dopo tal riunione. Del resto l'immagin viva e distinta d'un oggetto prodotta per mezzo d'una superficie convessa rifrangente, è sull'asse che passa per l'oggetto e per il centro di sfericità della superficie, onde non si debbon vedere distinti gli oggetti che quando si è diretto verso l'oggetto l'asse o la retta che passa per il centro dell'occhio e quella della pupilla.

745. Se un oggetto posto ad una certa distanza da una superficie rifrangente convessa, d'una sfericità costante e fissata immobilmente, s'avvicina ad essa, la sua immagine se n'allontana; ed è chiaro che per far restare al medesimo luogo l'immagine bisogna o allontanar la superficie rifrangente a misura che l'oggetto se n'avvicina, o diminuire a misura il semidiametro di sfericità della superficie. Il che accade a chi ha una vista eccellente, il cui occhio è talmente conformato e l'attività delle sue parti sì libera, che quando i raggi di luce partiti dal medesimo punto dell'oggetto entran nella pupilla quasi paralleli fra loro, il punto di lor riunione è precisamente nella retina; e quando l'oggetto s'avvicina all'occhio in modo che i raggi di luce che partono da un de' suoi punti, entran sensibilmente divergenti, lo spettatore può conformare il suo occhio ad ogni nuova distanza dell'oggetto, cosicchè l'immagin si forma sempre sulla retina o che egli avvicini a misura il suo cristallino o la sua cornea verso la pupilla, o che gli renda più convessi, o che impieghi insieme questi mezzi per veder sempre distinti gli oggetti a qualunque distanza sieno purchè non sia nè troppa

grande nè troppo piccola (350). Che se i muscoli dell'occhio non hanno nè la forza nè l'elasticità necessaria per cangiarne la figura, non si posson veder distinti che gli oggetti posti a una distanza ristretta in certi limiti più o meno estesi secondo la forza con cui l'occhio può cangiar la sua conformazione per far cader le immagini sulla retina; per es. se il cristallino è troppo convesso, il vero luogo delle immagini degli oggetti lontanissimi è vicinissimo al cristallino e però al di quà della retina, onde non si posson vedere che confusissimamente, e bisogna avvicinarseli molto affinchè le loro immagini allontanandosi a proporzione possan formarsi sulla retina. Tale è il difetto dei *miopi*, o di chi ha la *vista corta*, i quali perciò son quelli che veder non possono che oggetti che inviino all'occhio de' raggi

(350) La massima distanza a cui un occhio perfetto possa vedere un oggetto, o il minimo angolo ottico di cui sia capace, è un angolo di $1'$, sotto di cui comunemente un oggetto è invisibile: e sotto un angolo di $75''$ non vedrà l'intervallo fra due macchie nere su una carta bianca. E la più corta distanza per la visione perfetta è per lo più di 6 in 7 poll., e la distanza media 15 in 16 poll. che è l'ordinaria distanza per leggere un carattere mediocre, sebbene l'occhio sano può da se mettersi in istato di estendere questa natural distanza fino a 15 pie. (Smith, *Optique* l. 1. c. 8). Tuttavia queste valutazioni sono per *approssimazione*, perchè la visibilità d'un oggetto, oltre all'angolo visuale, dipende dal modo con cui i raggi dell'oggetto si staccano dai raggi del fondo in cui è l'oggetto; per es. un oggetto chiarissimo su un fondo oscuro potrà vedersi sotto un angolo minor di $1''$, come accade delle stelle fisse, fra le quali forse non ve n'è una che abbia un diametro apparente di $1''$ (n. 122): al contrario di quando l'oggetto è meno staccato dal fondo. E nel mare quando l'occhio è alto 5 pie., l'orizzonte sensibile tocca la superficie dell'acque a 2534^{te} di distanza. Poichè (fig. LXXIV) $AD = \sqrt{(AC^2 - CD^2)}$, dove $AB = 5$ e $CD = 19615536$ (T. I. pag. 365).

sensibilmente divergenti, e che potran veder distinti gli oggetti lontani con un mezzo qualunque (come son le lenti concave) che aumenti sensibilmente la divergenza de' raggi. Ma se il raggio di convessità è troppo grande, non si vedran distinti che gli oggetti lontani, come accade a' *presbi* (o di chi ha la *vista debole*), quali sono per lo più i vecchi, a cui per l'età disseccandosi gli umori si diminuisce la convessità del cristallino; i quali perciò veder non posson distinti che gli oggetti che tramandin raggi sensibilmente paralleli, e potran veder distinti gli oggetti poco lontani, per un mezzo qualunque (come son le lenti convesse) che scemi la divergenza de' raggi (351). Dal che si rileva che le lenti concave

(351) Si aggiunga quì il difetto dello *strabismo*, che consiste in una disposizione viziosa dell'organo della vista e che fa che quando uno de' due occhi si dirige verso l'oggetto, l'altro se ne allontana e si dirige sensibilmente verso un altro punto. Buffon prova che per lo più la causa dello strabismo è l'ineguaglianza di forza nei due occhi; lo strabone allontana l'occhio debole dall'oggetto, o non fa lo sforzo necessario per dirigerlo, onde non si serve che dell'occhio più forte, come appunto per un sentimento di maggior forza nella destra mano ci serviamo meglio di questa che della sinistra. E quì come se io volessi addestrare la mia sinistra legherei la mia destra per fare con la sinistra ciò che facevo con la destra, così Buffon per rimediare a questo difetto dice che si copra affatto per alcuni giorni l'occhio buono dello strabone con una benda di stoffa nera. Pure Dutour dà per causa di questo difetto anche l'essere una delle retine più tenera dell'altra, e però più suscettibile dell'altra di restare offesa dall'impressione de' raggi: onde fin dal primo momento che si aprono gli occhi alla luce, l'occhio più duro vi si dirige e l'altro la sfugge per evitarne l'impressione noiosa; perciò questo si volgerà dalla parte del naso comechè il naso intercetta i raggi, o dalla parte della tempia se nell'essere il bambino nella zana la luce gli veniva dalla porta o finestra corrispondente all'occhio buono. In tal caso si faccia fissare l'og-

è convessa nocerebbero a chi non è difettoso nella costruzione dell'occhio, perchè diminuirebbero o aumenterebbero la divergenza de' raggi, e ne porterebbero la riunione al di quà o al di là della retina. Posson bensì questi far uso di lenti plane, dette *occhiali da conservar la vista*, i quali non aumentano nè scemano la divergenza de' raggi, e dando loro un colore scuretto giovano a chi restà offeso nell'organo della vista da un troppo chiarore.

C A P. VIII.

De' telescopj, microscopj et.

746. I *telescopj* e i *microscopj* sono strumenti che servono 1.° a formare un'immagin viva d'un oggetto, che vuol vedersi distinto presentandogli una lente convessa da ambedue le parti, o piano-convessa, o cavo-convessa, o uno specchio concavo; i quali tutti diconsi *obiettivi*; 2.° a veder distintamente e anche ad ingrandir l'immagine per mezzo di una o di più lenti poste dalla parte dell'occhio, che però diconsi *oculari*. Dunque i *telescopj* son di due sorte, gli uni costruiti semplicemente con delle lenti, detti di *refrazione* o *diottrici*, gli altri con una combinazione di lenti e specchi, detti di *riflessione* o *catadiottrici*. Lo stesso è de' *microscopj*. Tutto lo spazio visibile a un occhio posto al punto dove esser deve per goder di tutto l'effetto del telescopio o del microscopio, si

chio buono su un oggetto di un colore scuro posto sopra un largo panno di un color vivo, perchè l'occhio cattivo che sfugge l'oggetto su cui si ferma il buono, lo trovi per tutto nella direzione del suo asse ottico sotto qualunque angolo, onde sia sempre colpito da un'egual quantità di luce: anzi allato dell'occhio cattivo si può mettervi un par-occhio di ottone perchè rifletta più luce.

dice il di lui *campo*. Quando in avvenire si discorrerà del fuoco di una lente o d'uno specchio, supporremo sempre l'oggetto donde partono i raggi, posto ad una gran distanza, perchè i raggi sian paralleli.

747. *Telescopj di refrazione*. Ordinariamente si costruiscon tre sorte di telescopj di refrazione o senza specchio, che differiscon fra loro per la figura, per la posizione, e per il numero dell'oculari.

748. *Telescopio di Galileo*. Il canocchiale di Galileo ha per oculare una lente concava o piano-concava PQ (fig. 135) posta fra l'obiettivo MN (352) e il

(352) L'obiettivo MN è una lente piano-convessa o convesso-convessa, che esser deve un segmento di una sfera molto più grande della sfera di cui è un segmento l'oculare, che per lo più è una lente concavo-concava: e la distanza dell'obiettivo dall'oculare dee esser la differenza fra la distanza del fuoco reale dell'obiettivo e quella del fuoco virtuale dell'oculare, dal che si determina la lunghezza del telescopio. Vale a dire chiamando rispettivamente una lente piano-convessa p-conv., piano-concava p-conc., ec. e chiamando D e d i diametri dell'obiettivo e dell'oculare, si ha

Obiettivo	Oculare	Lunghezza del canocch.
p-conv.	p-conv.	$D - d$
conv-conv.	conc-conc.	$\frac{D - d}{2}$
conv-conv.	p-conc.	$\frac{D}{2} - d$
p-conv.	conc-conc.	$D - \frac{d}{2}$

Così posto il diametro della sfera dell'obiettivo 4 P. ●

fuoco o in maniera, che gli assi delle due lenti concorrano in una retta stessa Ao , e i loro fuochi allo stesso punto o . Per il che è chiaro che 1.° essendo la superficie dell'obiettivo molto più grande dell'apertura della pupilla, può cader sull'obiettivo una quantità di raggi, partiti da un medesimo punto d'un

quel della sfera dell'oculare 4^{pol} , la lunghezza del telescopio sarà nel 1.° caso 44^{pol} , nel 2.° 22^{pol} , e nel 3.° 20^{pol} , e nel 4.° 46^{pol} . Infatti siccome il fuoco de' raggi paralleli (che tali posson considerarsi i raggi provenienti da un oggetto lontano) nella lente piano-convessa è ad una distanza eguale al diametro della sfera di cui la lente è un segmento, e nella lente concavo-concava è ad una distanza eguale al raggio della sfera del segmento della lente se le due faccie son di egual concavità, ma eguali alla metà de' due raggi sommati se le due curve son differenti; così arrivando i raggi all'obiettivo MN convesso-convesso anderanno essi a riunirsi alla distanza di 24^{pol} dal centro della lente: ma l'oculare concavo-concavo è fra l'obiettivo e il suo fuoco ad una tal distanza, che il suo fuoco virtuale che è di 2^{pol} coincida col fuoco dell'obiettivo; dunque la distanza delle due lenti è a 22^{pol} . Si dica degli altri casi lo stesso.

E giacchè il telescopio Galileano aumenta il diametro apparente dell'oggetto tante volte quante la distanza focale dell'obiettivo contiene quella dell'oculare, nel supposto delle stesse misure, il diametro dell'oggetto

apparirà nel 1.° e 2.° caso 12 $\left(= \frac{D}{d}, e = \frac{D}{2} : \frac{d}{2}\right)$ volte

più grande, nel 3.° 6 $\left(= \frac{D}{2} : d\right)$, nel 4.° 24 $\left(= D : \frac{d}{2}\right)$:

cioè per aver il maggior ingrandimento l'obiettivo dee esser piano-convesso e l'oculare concavo-concavo. Il dirsi un *canocchiale ingrandisce* significa, che fa veder gli oggetti più grandi di quel che naturalmente appariscano per la lor lontananza, onde un canocchiale che ingrandisce 12 volte, ci rappresenta gli oggetti di una grandezza eguale a quella in cui si vedrebbero a occhio nudo se avessero una distanza da noi 12 volte minore.

oggetto, molto più grande di quella che entrar potrebbe nell'occhio: 2.^o essendo l'oggetto quasi infinitamente lontano, i raggi incidenti e paralleli come AD ec. che per la refrazione accaduta attraversando l'obiettivo MN convergerebbero al punto o, recuperano il loro parallelismo dopo aver attraversato l'oculare; ma essendo l'oculare posta verso il vertice o del cono de' raggi riuniti dall'obiettivo, ed essendo i raggi molto densi verso il vertice, essi son molto densi nell'escir dall'oculare: 3.^o se al sortir dall'oculare questi raggi son ricevuti da un occhio di vista eccellente o da un occhio presbita, essi debbon formarvi un'immagine del punto dell'oggetto donde essi vengono, la quale è tanto più viva quanto il fascetto de' raggi che escon dall'oculare, è più denso di quel che era nell'incontrar l'obiettivo, e quanto l'apertura dell'obiettivo è più grande di quella della pupilla. Quanto poi ai punti B dell'oggetto OB che son situati fuor dell'asse Ao del telescopio, è chiaro che essi inviano de' raggi paralleli come CD ec., che l'obiettivo tende a riunire al punto b vicino al punto o, e che incontrando l'oculare PQ ne escon sensibilmente paralleli e densissimi, di modo che un occhio ben conformato o anche un occhio presbita deve ricever l'immagine vivissima del punto B; ma il fascetto che forma quest'immagine divergendo, all'escir dall'oculare, dal fascetto che forma quella del punto o, l'occhio stesso non può ricever nel tempo stesso le due immagini, almeno se la sua pupilla non sia aperta e assai vicina al concorso F delle direzioni di questi due fascetti: ond'è che considerando un oggetto con questo telescopio si vede un numero di queste parti tanto più grande quanto è l'occhio più vicino all'oculare, e che essendo piccolissima di sua natura l'apertura della pupilla indipendentemente dalla contrazione involontaria che soffre a misura che vi pene-

trano i raggi, il campo di questi telescopj è tanto più piccolo quanto è più luminoso l'oggetto e d'un maggior fuoco l'oculare. Finalmente la natura della luce non permettendo d'impiegare delle oculari di un foco così piccolo come si desidera, perchè i fuochi delle oculari esser debbono più lunghi a proporzione della lunghezza de' fuochi degli objettivi, come vedremo, ne segue che il campo di tali telescopj è tanto più piccolo quanto è più lungo il telescopio. Un tal inconveniente ne ha interdetto l'uso per oggetti lontanissimi, che esigon perciò lunghi telescopj, riserbandoci oggidì il farne de' cortissimi per non ingrandir troppo gli oggetti, sotto il nome di *canocchietti da teatro* (o *da tasca*) o *spioncini*.

749. 1.° Gli oggetti veduti con essi debbon comparire per il suo diritto, perchè il fascetto *c* di raggi, che fa vedere l'estremità *B* dell'oggetto che è al di sotto dell'asse *A K*, è ancor ricevuto dall'occhio in una direzione *c F* che viene di sotto all'asse. 2.° Se suppongasi che l'oggetto s'avvicini verso l'obiettivo, la sua immagine se n'allontanerà a proporzione, e però bisogna allontanare ancor l'oculare allungando il canocchiale, affinchè il suo fuoco concorra sempre con l'immagine formata dall'obiettivo. 3.° Se l'occhio applicato sull'oculare è miope, bisogna avvicinar l'oculare verso l'obiettivo perchè la visione sia distinta, giacchè allora i fascetti di raggi che escivan dall'oculare paralleli fra loro, ne escon divergenti, perchè a misura che l'oggetto *b* o s'allontana dal fuoco della lente concava, i raggi refratti convergono verso la parte opposta, e però divergono dalla parte dove è l'oggetto *b* o cioè dalla parte dov'è l'occhio,

750. *Telescopio astronomico*. Anche il canocchiale astronomico, così detto e inventato da Keplero a sola fine di osservare i corpi celesti, non ha che l'oculare *PQ* (fig. 136) convessa da ambe le parti, e situata in modo che il suo foco *o* concorra con quel dell'objet-

tivo MN, ma il foco comune è fra le due lenti (353):
 Dunque 1.° i raggi, come AD e i suoi paralleli, par-

(353) Si determina comunemente per maggior semplicità la lunghezza del telescopio astronomico dalla distanza dell'obiettivo dall'oculare, la quale dee esser la somma delle lunghezze de' fuochi dell'obiettivo e dell'oculare. Però (n. 352.) sarà

Obiettivo	Oculare	Lunghezza del canocchiale
p-conv.	p-conv.	$D + d = 52$
conv-conv.	conv-conv.	$\frac{D + d}{2} = 26$
conv-conv.	p-conv.	$\frac{D}{2} + d = 28$
p-conv.	conv-conv.	$D + \frac{d}{2} = 50$

E perchè questo telescopio aumenta di tante volte gl'oggetti quante la distanza focale dell'oculare è contenuta in quella dell'obiettivo, se la distanza focale dell'obiettivo è 24 volte più grande di quella dell'oculare, il telescopio aumenterà gli oggetti 24 volte. Che anzi perchè esso presenta gli oggetti rovesciati, il che per l'astronomo nulla importa, i movimenti che si consideran negli astri per mezzo di questo telescopio, se appariscono di su in giù o da destra a sinistra, realmente succedono di giù in su e da sinistra a destra. Eustachio de Divinis univa ad un obiettivo di 8 pie. un oculare di 4 pol. E Ugenio scoprì il vero aspetto di Saturno e un di lui satellite con un telescopio di un obiettivo di 12 pie. e un oculare di circa 3 pol., sebbene poi con la stessa oculare usasse un telescopio di 25 pie., e osservò che ad un obiettivo di 30 pie. conviene un'oculare di 3, 3 pol. Cassini per le sue scoperte usò telescopj ora di 35, ora di 30, ora di 70 piedi. E il Bianchini osservò le macchie di Venere

titi da un punto O d'un oggetto OB infinitamente lontano, avendo attraversato l'obiettivo, incrocicchiansi al suo fuoco, vanno a formarvi un'immagine o del punto O , supposto che questo punto sia nella retta che passa per il centro delle due lenti, detta l'asse del canocchiale: 2.° quest'immagine può riguardarsi come un oggetto situato al fuoco dell'oculare PQ , e però i raggi che l'han formata venendo a cader sull'oculare debbon sortirne paralleli fra loro, ma tanto più densi quanto il foco dell'oculare è più corto di quel dell'obiettivo; quindi debbon formare in un occhio presbita o in un occhio ben conformato una nuova immagine del punto O tanto più viva quanto sarà più

con uno del Campani lungo 100 palmi Romani. Finalmente Ugenio formò la seg. Tavola (*Dioptr. Prop. 56*) in piedi del Reno che stanno all'inglese :: 139 : 135. Sulla qual tavola avverte Smith (*Optique*, l. 2. c. 7. §. 365), che, le lenti d'oggi di essendo più perfette, debbono i numeri dell'ingrandimento, per averne il vero, moltiplicarsi per 1,4.

raggio e apertura dell'obiettivo		raggio dell'oculare	ingrandimento lineare
pie. 1	poll. 0,55	poll. 0,61	20 volte
5	1,23	1,35	44
10	1,73	1,9	63
15	2,12	2,33	77
20	2,45	2,7	89
25	2,74	3,01	100
30	3	3,3	109
40	3,46	3,81	126
50	3,87	4,26	141
70	4,58	5,04	166
100	5,48	6,03	199
120	6	6,6	218

grande la superficie dell'obiettivo, o avrà ammesso più raggi: 3.° a qualunque distanza dall'oculare sia l'occhio, purchè sia nella linea del fascetto de' raggi paralleli che n'esce, deve vedere egualmente bene l'immagine che il fascetto ha formata al fuoco comune dell'obiettivo e dell'oculare: 4.° i raggi paralleli partiti dall'estremità B dell'oggetto OB debbon formare in *b* vicino al foco o un'immagine di questa estremità, e cadendo in seguito sull'oculare debbon sortirne paralleli fra loro, ma tanto più inclinati all'asse AF quanto è maggiore la curvatura dell'oculare, cosicchè l'asse del fascetto che formano deve tagliar l'asse comune delle due lenti al foco F dell'oculare; onde perchè l'occhio possa veder tutta l'immagine *ob* in una volta, bisogna che sia al punto F, cioè al punto in cui si tagliano tutti i fascetti de' raggi venuti da ogni punto dell'immagine *ob* o dell'oggetto OB: 5.° l'oggetto OB dee comparir roversciato, perchè la sua immagine *ob* che si vede per mezzo dell'oculare, ha una situazione opposta a quella dell'oggetto, e si vede l'estremità *b* per via de' raggi che s'allontanano dall'asse tendendo al di sopra mentre il punto B è al di sotto: 6.° la grandezza del campo di questo telescopio dipende specialmente dalla grandezza di tutto lo spazio verso *ob*, che si può considerare al foco comune delle due lenti, poichè l'occhio posto al punto F veder può tutti i punti la cui immagine è al foco o vicinissima al foco dell'oculare, motivo per cui si è questo preferito al primo canocchiale: 7.° se l'oggetto s'avvicina viepiù verso l'obiettivo, la sua immagine a proporzione se n'allontana, e però bisogna ancora allontanar l'oculare allungando il telescopio affinchè l'immagine resti sempre al foco dell'oculare; onde con esso posson vedersi egualmente bene gli oggetti vicini e lontani, se pongansi le due lenti alla distanza conveniente: 8.° se usa tal canocchiale un miope, dee avvicinar l'oculare all'obiettivo o verso

l'immagine ob , affinchè, quest'immagine trovandosi così fra l'oculare e il suo foco, escan divergenti i raggi che lascia cadere sulla lente.

751. *Telescopio terrestre.* Questo, destinato per gli oggetti terrestri, differisce dall'astronomico per motivo di due altre oculari aggiuntevi per raddrizzar l'immagine roversciata. Le 4 lenti (fig. 137) MN, PQ, RS, TV hanno un asse comune Af , e il foco d'ognuna concorre da una parte e dall'altra col foco d'ognuna di quelle fra cui si trova, e per lo più i fochi delle tre oculari sono d'ugual lunghezza. Sia OB un oggetto infinitamente lontano: i raggi paralleli partiti dal punto O che è nell'asse del canocchiale, incrocicchiansi per la refrazion sofferta nell'obiettivo vanno a formare al foco a l'immagin del punto O; di dove cadendo su PQ ne escon paralleli, ma incontrando RS ne escon convergenti al foco x , dove incrocicchiansi formano una seconda immagine del punto O; e in seguito cadendo su TV ne escon similmente paralleli, e però capaci di formare in un occhio presbita o in uno ben conformato un'immagin viva dell'oggetto. Parimente i raggi paralleli partiti dall'estremità B dell'oggetto, dopo avere attraversato l'obiettivo, vanno a formare, incrocicchiansi in b , una prima immagine del punto B, di dove cadendo su PQ ne escon paralleli, ma tanto più inclinati all'asse Af quant'è più corto il foco di quest'oculare: dopo aver tagliato quest'asse in F cadono sulla seconda oculare RS, donde escon convergenti per formare in γ una seconda immagine; ed in seguito prolungandosi incontran l'oculare TV, donde escono ancor paralleli e inclinati all'asse, che essi tagliano al punto f : dove bisogna por l'occhio per veder l'immagine γx , che è per il suo diritto cioè nel modo stesso dell'oggetto OB. Si pospone ancor questo canocchiale all'astronomico, perchè, benchè abbia le stesse proprietà generali, l'astronomico è capace d'un campo maggiore, può avere un oculare d'un

foco più corto e però ingrandisce di più, è egli stesso più corto, e perde meno luce non attraversando questa che due lenti.

752. *Canocchiali acromatici* (354). I raggi che par-

(354) Tutti gl' indicati telescopj *diottrici* hanno due difetti, per cui le immagini degli oggetti non vi si formano nè chiare nè ben terminate, difetti originati dall' *aberrazione di sfericità e di refrangibilità*: cioè 1.^o la figura sferica delle lenti impedisce ai raggi presso all'asse il riunirsi fisicamente in un sol punto, motivo per cui il foco è realmente uno spazio di una certa estensione, e per cui l'immagine, prodotta dove maggior quantità di raggi si riunisce, resta offuscata da altre immagini meno vive che rendono confusa la visione; 2.^o differente refrangibilità hanno i raggi luminosi di differente colore, perchè i violetti sono i raggi i più rifrangibili e i meno lo sono i rossi; e però sì i violetti ed i rossi che gli altri raggi nell'escire dall'obiettivo producono un'immagine alterata dalla lor diffusione, e nell'escir dall'oculare la trasportano alla retina così imperfetta nei colori e mal terminata. Finalmente le cure di Klingestierna, d'Eulero, di Dollond e di Alembert rimediarono a questi difetti, benchè creduti disperati da Newton, per mezzo di due specie, di vetro inglese trovato da Dollond, chiamato *crown* e *flint*, il primo de' quali ha un angolo rifrangente di 30° e l'altro di 19°; come pure il rapporto di media refrazione per il primo è 1,53:1 nel passaggio de' raggi dall'aria nel vetro crown, e per l'altro è 1,58:1, nel passaggio de' raggi dall'aria nel flint. E la prova avendo mostrato che messi questi due vetri in opposizione davano un'immagine *senza colori*, Dollond ne ricavò il suo obiettivo *acromatico*, col quale corresse il suddetto inconveniente delle due aberrazioni. Potrebber servir d'esempio i nostr'occhi, da Eulero e Brisson giudicati veramente *acromatici*. Ma Dollond il figlio per un migliore obiettivo *acromatico* combinò poi due lenti convesse di crown con una biconcava di flint internata nell'altre due per meglio distrugger l'iride e l'aberrazione di sfericità: le quali tre lenti contigue hanno un asse comune, e però le immagini, estrema e principale degli oggetti, formate da un tale obiettivo consideranno quasi del tutto. Ulti-

tono da un punto dell'oggetto e che cadono su una lente convessa non si riuniscono tutti al punto medesimo, e i più lontani dall'asse si riuniscono più vicino alla lente, onde si formano delle immagini deboli, che mischiandosi a quella che risulta dal concorso d'un gran numero di raggi, danno origine a un'immagine confusa terminata da' colori dell'iride per la differente rifrangibilità de' raggi: per rimedio de' quali difetti s'immaginò di fissare al foco dell'obiettivo un diaframma, cioè un anello di legno o di metallo, per fermare alcuni raggi di irregolar refrazione, d'annerire i tubi nell'interno per far loro assorbire i raggi che vengono dagli oggetti circonvicini, e di dar poca superficie all'obiettivo perchè i raggi abbiano quasi il medesimo angolo d'incidenza. Ma allora entrando pochi raggi, si diminuiva la vivacità dell'immagine; e però Dollond immaginò un canocchiale che presenta un'immagine purissima e senza colori all'intorno, benchè impieghi un grande obiettivo, il quale è formato d'una lente concava situata fra due lenti convesse: nel qual caso le diverse refrazioni sofferte dalla luce nel penetrar che fa nelle tre lenti producono una riunione perfetta, che fa sparire i colori; la 1.^a e la 3.^a son di vetro comune, e la 2.^a è di flint-glass, che è più rifrangente: e il rapporto delle differenti dispersioni di ambedue è quello di 3:2, dimodochè lo spettro colorato che con un prisma di crown-glass avrebbe 2 poll. di lunghezza, ne avrebbe 3 con un prisma di flint-glass. Infatti il

mamente Klugel ha immaginato un nuovo doppio obiettivo, per cui si ha con gli stessi comodi un maggiore ingrandimento. V. Montucla (*Hist. des Mathem.* T. 3. c. 5), Fuss (*Istruzione per la perfezione de' canocchiali.* Pietroburgo 1774), Boscovich (*Opere.* Bassano. Vol. 5.^o), Smith (*Optique* T. 2. *additions*) e *supplement à l'Optique* de Smith (Brest. 1800), e Bossut (*Storia delle Matemat.* T. 4. pag. 272. Milano 1803).

fluido luminoso che nel partir dall'oggetto cade sul primo vetro bi-convesso dell'obiettivo di crown-glass prova due refrazioni, l'una all'entrare e l'altra all'escire, e si separano i raggi coloriti che lo compongono. I quali raggi quindi attraversando le due superficie del vetro bi-concavo di flint-glass son refratti in senso contrario più fortemente di quel che lo erano stati dal primo vetro, perchè il secondo è più rifrangente e per la sua densità e per la sua curvatura. Infine questi stessi raggi cadendo sul terzo vetro bi-convesso di crown-glass, son refratti di nuovo in senso contrario a quello che loro ha fatto il flint-glass, ma per una quantità eguale a quanto avea fatto di troppo il flint-glass. Dunque il fluido luminoso nel penetrare i tre vetri componenti l'obiettivo dei cannocchiali acromatici prova differenti refrazioni, dalle quali risulta una sì perfetta riunione de' raggi, che ne fa sparire i colori (355).

(355) Anzi i raggi della superficie posson talmente proporzionarsi tra loro, che, oltre al fare svanire lo spazio di diffusione, le immagini estrema, principale, e intermedie degli oggetti formate da un tale obiettivo riescano non solo senza colori ma anche chiare e distinte. Infatti chiamando la *prima superficie* quella che è la più vicina all'oggetto, e *P* la lunghezza focale principale delle lenti, si può usare una delle due formole seguenti di Eulero (*Dioptr. T. I. pag. 335*) per avere i raggi delle superficie.

Raggi della superficie

1. ^a	0,5004 P	} crown	prima formula	1. ^a	0,2829 P	} crown	seconda formula		
2. ^a	3,6665 P			2. ^a	2,0729 P				
1. ^a	0,5167 P	} flint		1. ^a	2,1469 P	} flint			
2. ^a	0,4843 P			2. ^a	0,2955 P				
1. ^a	0,5219 P	} crown		1. ^a	0,5938 P	} crown			
2. ^a	0,4757 P			2. ^a	2,5006 P				
semiapertura 0,1189 P				semiapertura 0,0707 P					

753. *Telescopj di riflessione* (356). Sono essi formati in parte di specchi in parte di lenti rifrangenti, e si sono inventati per inviare il fascetto di raggi partiti dall'oggetto, onde fargli riflettere sulla concavità d'uno specchio sferico e fargli convergere per averne un'immagine *F* di esso sull'asse o vicino all'asse dello specchio (fig. 138).

754. *Telescopio Newtoniano*. In questo, il quale ha un solo specchio, la situazione dell'immagine che è al di quà dello specchio e dal medesimo lato dell'oggetto, le impedisce d'esser vista direttamente col favor d'una o di tre oculari, perchè bisognerebbe per questo che l'occhio fosse situato fra l'oggetto e l'immagine, e allora la luce partendo dall'oggetto non potrebbe giungere allo specchio nè in gran quantità nè molto vicino all'asse. A scanso di tale inconveniente si fa uso d'uno specchio piano *IH* inclinato all'asse dello specchio sferico per 45° , il quale rimanda in *o* il vertice del cono de' raggi riflessi dove si trova l'immagine, e vi si accomodano una o tre oculari nella linea *o k* secondo che si vuol veder l'immagine diritta o rovesciata; al qual oggetto si fora il lato *MN* del tubo del telescopio. Questo telescopio produce gli effetti stessi di quel di refrazione benchè sia più corto, con la differenza che qui l'immagin non si trova tra l'obiettivo

(356) Malgrado i miglioramenti fatti ai *telescopj diottrici*, sull'esempio di Gregory e di Newton i cel. moderni Ottici (Herschell in Greenwich e Amici in Modena) si sono applicati a perfezionare i telescopj di riflessione o *catadiottrici* col perfezionarne gli specchi metallici necessari, e specialmente lo specchio obiettivo che è il più essenziale. Infatti perchè nella riflessione non succede dispersione di raggi e di colori, e l'aberrazione stessa di sfericità vi è al sommo debole, l'immagine dell'oggetto dataci dallo specchio è chiarissima e grandissima ne è l'ingrandimento: e l'uso ha ormai dimostrato che da un telescopio catadiottrico lungo pochi piedi si ottiene quanto da uno diottrico lungo 100 piedi.

e le oculari, e un medesima specchio obiettivo può portare oculari di fuochi molto diversi e anche d'un foco piccolissimo; il che fa sì che un telescopio di riflessione equivale a più telescopj di refrazione di differenti lunghezze, mentre la bontà di questi dipende da certi rapporti che aver debbono i fuochi dell'oculari con quelli degli obiettivi, rapporti che hanno limiti ristrettissimi. Per l'uso di questo telescopio lo specchio I H dee esser mobile per far cadere le immagini degli oggetti al foco dell'oculare, perchè essa s'allontana dallo specchio obiettivo a misura che s'avvicina l'oggetto. Bisogna ancora che l'oculare possa scorrer lungo il tubo M N nel tempo in cui si muove I H dentro al tubo, affinchè essa abbia il suo fuoco al vertice del cono de' raggi avviati dallo specchio I H. I miopi poi avvicinino un poco lo specchio I H, affinchè ponendo l'immagine fra l'oculare e il suo fuoco, i raggi escano dall'oculare divergenti quanto è necessario per far loro vedere distintamente (357).

755. *Telescopio Gregoriano*. Questo è composto di due specchi concavi e di due oculari convesse. Per costruirlo si presenta ad un oggetto uno specchio concavo A B (fig. 139), e un poco al di là dell'immagine F che se ne forma sull'asse O F, si pone un altro specchio concavo C D di foco più corto e d'apertura molta

(357) Poichè in questo telescopio l'oggetto non si trova nella direzione dell'asse dell'occhio che si applica ad un lato del telescopio, ed è perciò difficile trovar l'oggetto, sul corpo del telescopio si pone un piccolo cannocchiale diottrico detto *Trovatore* di molto campo, il di cui asse sia parallelo a quello del telescopio. Fra gli altri vantaggi riesce questo telescopio assai comodo per osservare gli astri allo zenit per la situazione comoda dell'osservatore. E qui pare l'aumento del diametro apparente dell'oggetto è in ragion del numero delle volte che il foco del grande specchio contiene quello dell'oculare, onde se quello è di 5^p e questo di 2^{pol}, il telescopio ingrandisce per 30 volte.

più piccola, il cui asse è nella stessa retta di quello del primo specchio AB : l'immagine F riguardo allo specchio CD è come un oggetto posto fra il foco G e il suo centro E ; perciò si forma sull'asse stesso una seconda immagine H , che è tanto più lontana al di là del centro E quanto la prima immagine F è più vicina al foco G del piccolo specchio: e perchè avvicinando questo piccolo specchio all'immagine F o allontanandolo si porta la seconda immagine H alla distanza che si vuole, si usa porla un poco al di quà dello specchio AB , che si fora verso il suo mezzo I affinchè l'immagine H possa esser veduta con l'oculare PQ ; la quale deve comparir diritta perchè è rovesciata riguardo all'immagine F , che è rovesciata rapporto all'oggetto. Se l'oggetto è luminosissimo, si può per aumentar le dimensioni della seconda immagine farla cader verso O al di là dello specchio AB , e porre in O il fuoco d'un oculare PQ , affinchè i raggi che tendono a formar l'immagine verso O cadendo su quest'oculare ne escano paralleli, e siano quindi ricevuti su un'altr'oculare al di là del punto O che gli faccia convergere in un punto ove sia l'osservatore. Si veda che in questi telescopj il piccolo specchio posto nell'asse del grande arresta per necessità tutti i raggi paralleli all'asse che caderebbero sul mezzo dello specchio obiettivo, e perciò è indifferente che quivi sia o non sia forato lo specchio. Ma questi telescopj hanno gl'inconvenienti d'aver poco campo, d'esser difficili a dirigersi verso gli oggetti, d'esigere delle precauzioni straordinarie e nella lor costruzione e nel loro uso, d'esser molto costosi, e facilissimi a guastarsi.

756. *Telescopio di Lemaire*. Lemaire nel 1728 inventò un telescopio che può rapportarsi al Newtoniano ma più semplice e senza specchio piano, composto cioè d'uno specchio sferico concavo e d'un oculare convesso. Con un telescopio simile a questo ha ultimamente Herschell scoperto il nuovo pianeta Urano, i 6 satelliti che l'accompagnano e i 2 nuovi di Sa-

turno, non differendo da quel di Lemaire che nella grandezza, nella bellezza dell' esecuzione, e nel gran vantaggio d'augmentar considerabilmente le dimensioni delle immagini (358).

(358) Se Dollond alla metà del secolo passato perfezionò i telescopj di refrazione o diottrici, Herschell sul finir del medesimo ha perfezionati i catadiottrici o di riflessione, fissandosi di render più perfetto il telescopio di Newton, migliorato già da Lemaire. In fatti Lemaire nel fondo di un gran tubo AAAA (fig. LXXV) pose un gran specchio concavo BC di metallo, mobile su una cerniera in C e da inclinarsi più o meno verso B per mezzo d'una vite D a traverso il fondo del tubo. A questo si aggiunge la parte EF dell' istessa grossezza del tubo che verso F si allarga, alla cui estremità FG è il tubetto H, armato dell'oculare mn , mobile egli pure per adattarlo all' inclinazione dello specchio BC (Ved. T. 6. pag. 61 delle macchine approvate dall' Acad. di Parigi). Ora sia l' oggetto lontanissimo KI; i raggi KB, IC che suppongo incrociarsi nel tubo, essendo riflessi convergenti al fuoco dello specchio, a motivo dell' inclinazione dello specchio all' asse del gran tubo vanno in EF a formarvi l'immagine rovesciata ik , il luogo della quale è appunto il fuoco dell'oculare mn ; onde i raggi di ogni fascetto di luce ne escon quasi paralleli, e così i fascetti divengono convergenti verso O, dove è l'occhio, il quale vede ingrandita e chiarissima l'immagine dell' oggetto benchè rovesciata. E siccome i raggi in questo telescopio soffrono una riflessione di meno che nel Newtoniano, così si ha il comodo di porre un oculare di un fuoco più corto, e però di aver l'immagine più ingrandita, giacchè, come il Newtoniano, aumenta ancor questo il diametro apparente dell'oggetto di tante volte quante la distanza focale dell'oculare è contenuta in quella dello specchio. Ora Herschell ne ha costruiti varj di tal genere perfettissimi e specialmente quello di suo uso dell'apertura di 4 p. e lungo 40 p., che ingrandisce gli oggetti a 6000 e più volte. Dal che rileva il ch. P. Gregorio Fontana delle Scuole Pie in una sua bella memoria, che non dee far maraviglia aver Herschell nella Luna scoperto con esso alla mano de' vulcani, laghi, fiumi ec. e aver misurato delle montagne (V. gli ultimj

Microscopj. Son questi di tre sorte, il semplice, il composto, il solare.

757. *Microscopio semplice*: Egli è una lente MN (fig. 140) convessa da uno o da due lati (359). Pre-

T. delle Transazioni Filosofiche di Londra), perchè con un telescopio che ingrandisce 6000 volte dicesi nella Luna veder dalla Terra un'oggetto della lunghezza, nel caso il più sfavorevole, di 500^p, e nel più favorevole, di 200^p. Nelle Transazioni filosofiche del 1799 Herschell ha dato una bella memoria sulla luce e ingrandimento de' telescopj, di cui si trova un bell'estratto nella Biblioteca Britannica di Ginevra al Dicembre 1800: Burkhart (Ephem. de Paris 1809) progetta di migliorare anche di più questi telescopj. Amici poi regolando il suo telescopio sui principj del Newtoniano, mentre in questo i raggi che dall'oggetto vanno all'obiettivo passano intorno allo specchietto piano inclinato, nel suo gli fa passare per un foro fatto nel centro dello specchietto piano, onde si ha il massimo grado di amplificazione: Di più ottiene una superficie più che si può esente da porosità, dà la vera figura all'obiettivo e il dovuto appianamento alla superficie piana del secondo specchietto inclinato. Gli specchi telescopici poi son composti di 26 parti di rame, 9 di stagno, e 8 d'arsenico bianco. Ma Edwards dà (Nautical Almanac 1787) 32 parti di rame, 16 di stagno, 1 di ottone, 1 d'argento, 1 d'arsenico, composizione dura, bianca e assaissimo riflettente in modo che un acromatico dell'istessa apertura non ha $\frac{1}{4}$ della luce di questo. Ma essa non è buona per specchi grandi perchè troppo pesanti, e Herschell ne fece uno di 4 piedi che pesava 2 migliaja. Lo specchio del suo canocchiale di 20 piedi di foco con un campo di 20" di tempo pesa 2. 130. Il suo telescopio di 7 piedi ingrandisce 2000 volte. E in quello che si fece nel 1786 di 40 $\frac{1}{2}$ piedi inglesi (37 $\frac{3}{4}$ francesi), ha 4 piedi (45 poll.) d'apertura lo specchio che pesa 2. 1955 francesi, e il tubo ha 5 piedi di diametro. Da questo canocchiale tanta luce, che la nebulosa d'orione vi spande una chiarezza eguale al pien meriggio. A questa gran luce si deve il 6.^o e 7.^o satellite di Saturno.

(359) Essa dee avere una distanza focale fortissima, Gray (Transact. philos. n.º 221, 223) e Smith (Opt. I. 3.

sentandola ad un oggetto OB in modo che il foco che è sul suo asse cada sul punto O che si vuol considerare, i raggi che partono da questo punto per attraversarla ne escon paralleli, e però proprj a formare un'immagine di questo stesso punto in un occhio ben organizzato e in un presbita posto a una distanza qualunque sulla lor direzione, o anche in un occhio miope se il punto O sia un poco al di quà del fuoco della lente. Il punto B dell' oggetto OB vicino all' asse della lente quanto basta a considerarlo al suo foco, invia de' raggi che escon dalla lente sensibilmente paralleli fra loro, ma tanto più inclinati all' asse quanto la convessità della lente è di più piccola sfera e quanto è più corto il suo foco. Perciò ponendo l' occhio a una piccolissima distanza dalla lente verso il punto o dell' asse per dove passa il raggio principale BC, si vedrà distintamente l' oggetto OB sotto l' angolo B o O, che lo farà comparir tanto più grande quanto più è situato al di quà della portata ordinaria della vista. In vece di lente si può far uso d' una piccola sfera di vetro facile a formarsi col

c. 18) avendo osservato che nei globi di vetro i corpi eterogenei rinchiussivi compariscono assai maggiori e come se fossero fuori dei globi, congetturò che una goccia rotonda d'acqua con entro qualche animalino glielo farebbe vedere come il globo di vetro gli mostrava i corpi chiusivi dentro. Così fu, mentre un piccol globo d'acqua con entro alcuni animalletti riguardato alla luce viva glieli mostrò prodigiosamente ingranditi. Infatti si dee riflettere che un tal microscopio è a riflessione e a rifrazione: la parte anteriore fa le veci di uno specchio concavo che ingrossa gli oggetti posti fra la sua superficie e il foco; onde esso riflette verso la detta parte anteriore della goccia i raggi di questi animalletti i quali vengono dalla loro immagine che è assai maggior di loro. Anzi il calcolo ci dice che debbono essi ingrandire 3 volte di più che se fossero posti nel modo ordinario al foco del globetto.

fondere un pezzettino di cristallo (360) alla fiamma d'un lucignolo imbevuto d'alcool per evitar l'inconveniente del fumo che mischiandosi col vetro in fusione rende le sferette opache (361). Si può anche far uso d'una pallottolina di vetro piena d'acqua, che fa l'effetto stesso d'una piccola sfera o goccia d'acqua, perchè, essendo tenuissima la grossezza del vetro, e formata di due superficie concentriche, succederà la refrazione quasi come se la palla fosse tutta d'acqua (362).

758. *Microscopio composto*. Egli ha molto rapporto col telescopio astronomico, essendo formato di più lenti convesse il cui obiettivo MN (fig. 141) è un foco cortissimo; si pone un oggetto OB un poco al di là di esso, affinchè la sua immagine ob sia allontanata e ingrandita a proporzione; quindi si pone il fuoco d'un ocu-

(360) E' meglio di vetro puro, il quale dee tenersi sulla fiamma per mezzo d'un ago bagnato a cui si attacca.

(361) Dopo aver fatte varie simili pallottoline, scelta la più perfetta e nella forma e nella trasparenza, si rinsera fra due laminette sottili di piombo ambedue con un foro minore del diametro della pallottolina, ed ecco il vostro microscopio semplice. Huygens con una pallottolina di $\frac{1}{8}$ di pollice di diametro vedeva ingrandito l'oggetto per 100 volte. Se se ne fa di $\frac{1}{2}$ di linea, si ingrandirà da 300 volte (Huygens, *Dioptrica*).

(362) La grandezza ab dell'immagine è alla grandezza OB dell'oggetto come la distanza xy della lente dall'immagine è alla distanza Oy della lente dall'oggetto. Se però per mezzo di un microscopio si vedè un oggetto 500 volte più vicino che a occhio nudo, il suo diametro sarà veduto 500 volte più grande. Da ciò si rileva che quanto più piccole e convesse sono le lenti, ossia quanto più corto è il fuoco, tanto più vengono ingrandite le immagini. Sul che Barker ha fatto la seguente tavola su i dati che la vista semplice porti a 8 pol., i quali sono appunto la massima distanza a cui tener si possa un oggetto onde vederlo distintamente, e che la distanza del fuoco si calcoli a 1 pol. diviso in 100 parti eguali.

lare nel luogo dove è l'immagine per vederla distintamente. È facile di quì il vedere, che 1.^o la distanza dell'immagine dalla lente obbiettiva deve molto variare per poco che varj quella dell'oggetto, e siccome è difficile l'assicurarsi di porre un oggetto in una situazione

fuoco della lente	aumento del diame- tro dell'oggetto	fuoco della lente	aumento del diame- tro dell'oggetto
o, 5	16 . . . volte	o, c9	88 . . . volte
o, 4	20	o, c8	100
o, 3	26	o, c7	114
o, 2	40	o, c6	133
o, 15	53	o, c5	160
o, 14	57	o, c4	200
o, 13	61	o, c3	266
o, 12	66	o, c2	400
o, 11	72	o, c1	800
o, 10	80		

E quì si consideri che se, per es. nel 1.^o caso, di 16 volte si aumenta il diametro dell'oggetto, di $16^2 = 256$ si aumenta la di lui superficie, e di $16^3 = 4096$ il suo volume. Supposta pertanto una lente che abbia il fuoco lontano dal suo centro di o, 1 pol., gli 8 pol. (dato della tavola) dovranno dividersi per o, 1, ossia sarà 8: o, 1 = 80: cioè si vedrà l'oggetto 80 volte più vicino che a occhio nudo, e la di lui superficie sarà ingrandita di 6400 volte ec.

Il P. della Torre Somasco all' effetto d'aver lenti convessissime e piccolissime formò delle palline di cristallo invece di lenti ne' microscopj, le quali attualmente lavora a perfezione in Napoli il Sig. Antonio Barba Profess. di Matem. nell' Accad. Militare. Poichè essendo il fuoco della sfera alla distanza d' $\frac{1}{4}$ del suo diametro, è sì tenue la distanza focale che queste palline talora ingrandiscono il diametro dell'oggetto più di 1000 volte. Nel 1765 Lalande nel suo viaggio in Italia vide un microscopio la cui lente era $\frac{1}{4}$ di linea, e ingrossava il diametro degli oggetti 2560 volte.

~~fissa~~ o a una distanza data, bisogna nell'uso di questo microscopio avanzare o ritirar l'oculare finchè si veggia distintamente l'immagine dell'oggetto: 2.° l'oggetto comparisce tanto più grande quanto la sua immagine *ob* è più lontana dall'obiettivo MN, e quanto più veduta coll'oculare è al di quà della portata ordinaria per esser veduta distintamente con la semplice vista: 3.° la grandezza apparente dell'oggetto dee variare a ragion che s'allontana dall'obiettivo, perchè l'immagine *ob* se ne avvicina a proporzione e scema le sue dimensioni. Ordinariamente si pone un oculare fra l'obiettivo MN e l'immagine *ob*, affinchè ella si formi molto più presso all'obiettivo e però divenga più corto il tubo del microscopio: in tal modo s'ingrandisce molto il campo del microscopio. Talvolta anche vi s'impiegan più d'una o di due oculari, come nei microscopj di Delbarre composti d'un obiettivo e cinque oculari, per cui son essi preferiti a tutti a motivo dei lor prodigiosi effetti (363).

759. *Microscopio solare*. Questo microscopio immaginato da Lieberkuyn che serve a vedere in grande in una camera oscura le immagini di piccolissimi oggetti vivamente illuminati dal Sole, è composto

(363) Montucla (*Hist. des Mathem.* T. 3. pag. 511). Amjoi fece un microscopio con cui si osserva un oggetto qualunque senza dividerlo, e si illumina secondo la varia indole de' corpi o diafani o opachi col vantaggio del massimo relativo ingrandimento con singolar chiarezza. Facilmente si determina l'ingrandimento dell'immagine anche nel microscopio composto, che non è che un doppio microscopio semplice, usandosi il metodo stesso di sopra (n. 362): per es. se il fuoco di MN (fig. 141) di *c*, 1^{pol}. ingrandisce il diametro dell'immagine *ob* 80 volte e la sua superficie 6400, e se la distanza focale di PQ di *c*, 5^{pol}. ingrandisce il diametro di quest'immagine di 16 volte e la sua superficie di 256, i prodotti $16 \cdot 80 = 1280$, e $256 \cdot 6400 = 1638400$ danno l'aumento totale del diametro dell'oggetto e della di lui superficie.

d'uno specchio piano al di fuori dell'imposta d'una finestra della camera oscura e capace di muoversi in due sensi, l'uno per opporlo al Sole e fargli seguir l'arco percorso da esso nella durata dell'esperienza, l'altro per inclinarlo convenevolmente e in modo che rifletta la luce solare in un tubo aggiustato all'orifizio fatto all'imposta. All'origin del tubo v'è una lente convessa che riunisce i raggi inviati dallo specchio e che gli riconcentra su gli oggetti che si fanno passare sotto un ordigno posto all'estremità del tubo. Al di là di questi oggetti si trova una lente che s'avvicina o s'allontana dall'oggetto, la cui immagine si dipinge su un piano bianco che si pone a qualche passo in distanza nell'interno della camera. Egli ha il vantaggio d'aumentare a piacere le dimensioni delle immagini aumentando la distanza del piano sul quale dipingonsi e facendo variar la distanza rispettiva delle due lenti: il che lo rende proprio a disegnar comodamente gli oggetti, e della grandezza che si desidera.

760. Ad esso rassomiglia molto la *lanterna magica* inventata da Kirker, in cui i raggi della luce o artificiale o solare, il che è meglio, dipingono in grande su un piano bianco gli oggetti dipinti sopra lamiette di vetro.

761. E combinando de' vetri convessi con uno specchio parabolico si producono le illusioni di *Fantasmagoria*, le cui immagini per lo più presentano la figura d'uno spettro, che s'avanza da lungi verso lo spettatore e che si viene a dipingere sopra un telaio di tocca (o anche sopra de' vapori) situato verticalmente fra lo spettatore e l'apparecchio. Ecco la costruzione della macchina per la più facile spiegazion de' fenomeni. In mezzo ad una cassetta quadrata si ponga a aria libera un lume, i cui raggi vadano a riflettersi per mezzo d'uno specchio parabolico verso un'apertura fatta in un lato della cassetta. Quivi si avviti un tubo annerito nel suo

interno e composto di più tubi in sé rientranti come ne' canocchiali: il qual tubo è munito di due lenti bi-convesse di circa 3 poll. di diametro, l'una delle quali è fissa, e l'altra mobile e situata all'estremità del tubo da avvicinarsi e allontanarsi dalla prima all'accorcire o allungare del tubo. Nel tubo stesso è formato un canale atto a ricevervi delle figure trasparenti, a cui si dà una situazione rovesciata, e che si pongono fra il lume e aria libera e la lente fissa dalla quale sono assai poco distanti. Finalmente la cassetta è sorretta da una tavola mobile su 4 ruote che scorrono in due cerniere normali al telaio sul quale dipingonsi le immagini. Ora i coni laminosi che parton dalle due estremità opposte della figura trasparente son rifratte dalla lente fissa, e però i raggi componenti questi coni ne escono meno divergenti, e i coni stessi convergono l'un verso l'altro più fortemente di quando dalla figura trasparente andavano verso la lente. Cadono essi sulla lente mobile, vi si interociano, e i raggi componenti ogni cono ne escon convergenti in modo che vanno a dipingere sul telaio le immagini dei punti donde sono partiti. Dunque 1.^o la figura trasparente avendo una posizione rovesciata, deve esserne diritta la figura dell'immagine: 2.^o si può aumentare o scemare la dimension delle immagini ravvicinando o allontanando l'apparecchio del telaio, sebbene perchè allora non si dipinge più sul telaio il foco de' raggi divergenti che parton dal punto stesso della figura trasparente, bisogna allontanare o ravvicinare la lente mobile alla lente fissa finchè la combinazione di questi due movimenti non dia l'immagine chiara e distinta: 3.^o Con l'immagine conservando sempre la stessa posizione, lo spettatore sedotto dall'illusione giudica che ella cangi di posto al cangiar di dimension; cioè se è estremamente piccola la vede in lontananza, e se allora le dimensioni ricevono un aumento progressivo gli sembra che essa più o meno

presto percorra l'immensa distanza che separava lui dall'immagine per fermarsi questa al suo fianco.

Tutto ciò ha sol per oggetto le immagini delle figure trasparenti. Per aver quelle de' corpi opachi si pone in principio la tela e la cassetta a 6 pie. di distanza fra loro, e all'orifizio di questa si pone un apparecchio a due tubi guaruiti di due lenti bi-convesse; e si attacca ad un piccol sopporto fisso nel mezzo della cassetta un corpo opaco per es. una medaglia o un quadretto, il quale viene illuminato dal lume a aria libera situato in uno de' lati del davanti della cassetta; onde i raggi riflessi attraversando le lenti vanno a formarne l'immagine sulla tela con un ingrandimento relativo alla sua distanza. E quì se l'immagine non è distinta, bisogna concluderne che non è nel foco; dove si può metterla ora con avvicinare o allontanare un poco la cassetta alla tela, ora con avvicinare o allontanare l'oggetto dalle lenti nell'interno della cassetta, ora con far muover lentamente i tubi per far variar la distanza che separa le lenti (364).

762. *Polemoscopio*. Evelio l'inventò per veder degli oggetti nascosti ai nostri sguardi diretti (365).

(364) Ecco cosa ne dice Montucla T. 3. pag. 551. Il nome Fantasmagoria nasce dalle parole greche che significan *fantasma*, e *divertirsi*, perchè questo è uno spettacolo curioso in cui si fan comparire degli spettri, e fantasmi; e spettri da recare spavento comparir fece il Fiammingo Philidor a Vienna nel 1790 e a Parigi nel 1792. Indi Robert fino dal 1798 ha aperto un pubblico spettacolo simile, e nel bujo fa vedere degli spettri grandissimi avvicinarsi a voi e indi allontanarsi. Sembra che tali illusioni possano anche farsi con uno specchio grande concavo o con un microscopio solare o una lanterna magica, che dipinga le immagini su una superficie trasparente.

(365) Specialmente i *combattimenti*, la cui parola greca dà origine al nome di *polemoscopio*: sul quale (come sulla

Consiste specialmente in uno specchio inclinato posto in fondo d'una cassetta aperta dirimpetto allo specchio, e che manda l'immagin dell'oggetto all'occhio dello spettatore. Può usarsi per vedere ciò che segue in un campo nemico. Gli spioncini forati lateralmente con apporvi un piccolo specchio piano nel loro interno sono una specie di polemoscopio, con cui veggonosi le persone che sono a' nostri fianchi mentre apparisce che si guardi dirimpetto.

P A R T E IV.

Della decomposizione del fluido luminoso.

C A P. I.

Del fluido luminoso che passa per un prisma (I').

763. **R**aggi che in eguali circostanze soffrono differenti refrazioni son di differente refrangibilità, e quelli che più son riflessi son più refrangibili. Chiamiamo raggi omogenei quelli che non differiscono in refrangibilità, e eterogenei quelli che non son piegati egualmente dalla refrazione in eguali circostanze. Ora introducasi in una camera oscura per un'apertura circolare di circa 4^1 di diametro un raggio, il quale trasmettasi per un prisma e dirigasi normalmente al suo asse in modo da essere egualmente inclinato sulle due superficie del prisma: questo cadendo normalmente su un piano bianco o su un foglio bianco

lanterna magica) V. *Wolfi Elem. Mathes. univ.* T. 3.
p. 8. *Dioptr.*

si disperde passando per il prisma e forma un'immagine bialunga tinta di differenti colori, che si veggono distinti se si allontana la carta a 18^p. in circa dal prisma. I raggi meno deviati dalla linea retta per la refrazione son rossi, e gli altri sono con quest'ordine, l'arancino o aranciato, il giallo, il verde, il blu o l'azzurro o il turchino, l'indaco o porporino, e il violetto; i raggi di questo hanno la più gran refrangibilità (366).

764. Benchè i raggi siano separati nell'immagine stessa, pure molte immagini circolari particolari son da per tutto confuse e non sono in alcuna parte omogenee. Ed i colori son tanto più perfetti nell'immagine quanto è più stretta l'apertura per cui entrano i raggi, perchè il numero dell'immagini che si confondono scema pur da per tutto, ed hanno una differente refrangibilità; bensì allora l'immagine è più debole.

Si può però nel modo seguente aver colori più vivi e più omogenei. In una camera oscura per un foro di circa 1 $\frac{1}{2}$ ^p. di diametro introducansi de' raggi solari, dirigendoli orizzontalmente e facendoli cadere a 8^p. di distanza dal foro su una lente convessa che riunisca i raggi paralleli a 4^p. di distanza. Se essi cadono su un piano bianco a un' egual distanza di 8^p. dalla lente, essi formeranno l'immagine dell'orizzio che gli sarà perfettamente simile. Ma se sono interposti dietro la lente da un prisma verticale, si deviano, si dispergono, e formano un'immagine colorita. Facendo girare il prisma intorno al suo asse si cerca la situazione in cui i raggi men si deviano, vi si fissa, e si dispone una carta in modo, che la luce vi cada normalmente allontanando la carta finchè l'immagine sia circolare. L'immagine ha poca

(366) Sopra questi e i seguenti teoremi. V. l'Ottica di Newton con le sue lezioni, e Montucla T. 2. p. 517 cc.

larghezza ed è viva; e le immagini omogenee si confondono in un più piccolo numero. Da ciò si rileva che il fluido luminoso si decompone a traverso il prisma in un gran numero di raggi differentemente refrangibili, e che ciascun raggio più o meno piegato per la refrazione ha un color particolare.

È vano il dire che la differente refrangibilità de' raggi e il loro colore non è ad essi inerente, e che queste qualità hanno per causa la refrazione che soffrono a traverso il prisma. Infatti trasmesso, come sopra, un raggio per un prisma, egli si disperde, e si divide in più altri, che formerebbero un'immagine bislunga se cadessero su un piano bianco; ma s'intercettano con un prisma verticale situato a piccola distanza dal primo, e i raggi son deviati per parte dal secondo prisma; il quale si fa muovere finchè il deviamiento sia il più piccolo di tutti ed i raggi cadano normalmente su una carta bianca: si fissa il prisma in questa situazione. I raggi son refratti nel modo stesso dal secondo prisma come dal primo, ma non ne son dispersi nel modo stesso, il che darebbe un'immagine quadrata; ma essa è inclinata per i raggi che son più deviati dal loro cammino come nella refrazione per mezzo del primo prisma. Dalle quali esperienze e da altre simili facili a farsi rilevasi, che il colore e la refrangibilità de' raggi non cangian punto per la refrazione.

765. Proviamo ora che i raggi non possono esser cangiati da alcuna riflessione. Se si ha un'immagine bislunga del Sole tinta di colori omogenei e si facciano successivamente cadere i suoi differenti colori sulle superficie di differenti corpi per es. sopra stoffe di seta di differente colore, sopra vetri coloriti o anche polveri da pittori, in tutti questi casi i raggi nella lor riflessione conservano il loro colore, i rossi restano rossi o sian essi riflessi da un corpo rosso o da un blu; e sebbene è vero che il colore è un poco più

oscuro quando il colore de' raggi non legghi con quello de' corpi riflettenti, tuttavia non cangia.

766. Stabilita ora la differente refrangibilità de' raggi, il Sole deve all'orizzonte comparirci rosso senza maraviglia; perchè i raggi che tramanda attraversano allora gli strati inferiori dell'atmosfera che sono i più densi e i più carichi di sostanze estranee, essendo il più gran numero de' raggi arrestati nel lor rapido cammino, ed essendo i soli raggi rossi dotati d'una quantità di moto sufficiente per trionfare di tutti gli ostacoli e per giungere fino a noi.

767. Intanto si noti che i raggi più rifrangibili sono ancora i più riflessibili. Si faccia entrare in una camera oscura un raggio di sole e si riceva su uno de' piccoli lati del prisma rettangolare LKI in modo che faccia con la base (fig. 142) LI del prisma un angolo un poco minore di 50° . Una parte di esso non si rifrange sensibilmente che all'escire da M e va a formare un'immagine colorita sul foglio bianco NN , poichè al suo ingresso per il lato KI non ha quasi punta obliquità d'incidenza. L'altra parte del raggio si riflette verso O , dove è ricevuto da un altro prisma TXV , il cui angolo rifrangente X deve esser almeno di 55° : e questa parte di luce rifrangendosi in questo prisma va a formare un'altra immagine colorita sul foglio Pp . Se si fa girare il primo prisma LKI sul suo asse in modo che il raggio incidente TM faccia con la sua base LI un angolo di circa 45° , la luce della prima immagine QRS comincia a riflettersi verso l'altro prisma; ma i raggi violetti e i blu Q spariscono i primi, e dopo esser passati per il secondo prisma vanno ad aumentare il chiarore di questi medesimi colori q , nella seconda immagine qrs ; in seguito spariscono successivamente dalla prima immagine QRS i raggi verdi, i gialli, gli arancini, e finalmente i rossi che svaniscono gli ultimi. Da questa differente riflessibilità de' raggi nasce il colore azzurro del cie-

lo, il quale risulta dalla mescolanza de' raggi blu, porporini e violetti, che essendo più riflessibili degli altri ci son inviati in gran quantità dall'atmosfera che riceve tutti i raggi riflessi dalla superficie della terra e da' corpi circonvicini.

768. I raggi solari hanno la facoltà di produr del calore quando si combinano con le molecole de' corpi, ma non tutti godono nel medesimo grado di tal proprietà. Herschell ha esposto successivamente la palla d'un termometro all'azione de' raggi rossi, verdi e violetti. Le ascensioni corrispondenti del mercurio si son trovate nel rapporto di 55, 25, 16 (u). In questa esperienza il prisma era all'alto d'una finestra aperta, e diretto perpendicolarmente alla direzione de' raggi solari. Il termometro riceveva i raggi coloriti attraverso ad un foro rettangolare fatto in un riparo di cartone, su cui cadeva lo spettro solare. Posti nell'ombra vicino a questo due altri termometri indicavano la variazione spontanea della temperatura nel tempo dell'esperienza. Rochon avea già osservato in Francia delle differenze nelle facoltà riscaldanti de' raggi coloriti, e i risultati avuti da lui dopo molte esperienze differiscono sensibilmente da quelli di Herschell, perchè danno il rapporto di 8 a 1, o di 56 a 7 per quello delle intensità di calore prodotte da' raggi rossi e violetti (Rochon, *Mém. sur la Mécan. et la Phys.* 1783) (367).

(u) Si tratta del termometro di Farenheit, di cui $1^{\circ} = \frac{4}{9}$ di grado di quel di Reaumur. A.

(367) Scheele esponendo alla stessa azione di raggi solari due termometri eguali, l'uno pieno d'alcool colorito di un rosso cupo e l'altro d'alcool non colorito, osservò che il liquido rosso saliva più presto dell'altro, sebbene tuffando i termometri nell'acqua calda i movimenti dei due liquidi eran gli stessi. E di più osservò che quanto più il color di un corpo si accosta al nero tanto più questo corpo vien riscaldato dai raggi solari, come a

Tom. III.

769. Herschell ha osservato successivamente al microscopio corpi opachi illuminati da raggi d'un solo colore, e gli è sembrato che i raggi gialli illuminassero più fortemente di tutti gli altri, benchè la differenza del colore non influisse sensibilmente sulla chiarezza dell'immagine. E Newton aveva già conosciuto tal proprietà de' raggi gialli, perchè prescrive (Ottica tradotta da Gotes II.^a Edizione pag. 109) di porre l'immagini degli oggetti non nel foco de' raggi di media refragibilità che sono su' confini del verde e del blu, ma al mezzo dell'arancino e del giallo che sono i colori i più luminosi. Anzi Herschell ha paragonato le operazioni che si posson fare su i raggi che producono il calore, con quelle che far si posson su' raggi che producon la luce, e cerca di provare che gli uni e gli altri posson esser riflessi e refratti secondo le stesse leggi. Sul principio sottomette alle sue esperienze il calore prodotto dai corpi luminosi come il sole, le lampade, le torcie ec. Quindi nel medesimo trova il calore invisibile del sole, delle stufe ec., ed ecco alcuni risultati delle sue osservazioni. Uno specchio piano posto nella parte invisibile dello spettro solare riflette i raggi invisibili del calore su un termometro di Fahrenheit che s'alzò in 10' a 2°, mentre un altro termometro posto

corpi bianchi ne sono i meno riscaldati. Onde i corpi che assorbiscon più luce, come i neri, ne son più riscaldati, e ne son meno i bianchi perchè la riflettono.

E Herschell (Trans. philos 1800) trovò, che i raggi rossi fan montare il termometro a $60^{\circ}\frac{1}{4}$, i verdi a $30^{\circ}\frac{1}{4}$, i violetti a 2°, cioè i rossi lo fan montar quasi 2 volte più de' verdi e 3 volte più de' violetti. E in generale trovò che i raggi coloriti del prisma hanno un grado di calore decrescente di colore in colore dal rosso al violetto nella ragione di 55 : 16, o di 7 : 2, differente da quella di Roignon. Anzi osservando quali di essi illuminan più, trovò che i rossi e i blu illuminano poco, assai più gli arancini, moltissimo il giallo e il verde chiaro.

fuori della direzione dei detti raggi non provò variazione alcuna. E avendo riflettuto la parte invisibile dello spettro con uno specchio concavo, il mercurio s'alzò nel termometro a 24° : ed effetti egualmente sensibili produsse il calore invisibile d'una stufa riflessa nel modo stesso.

770. In seguito Herschell cercò se i raggi invisibili che non producono che del calore, potessero divenir visibili per la condensazione. Per riuscirvi fece cadere lo spettro solare su una gran lente di Dollond in parte ricoperta di cartone con tener la parte visibile dello spettro a 1^l. al di quà del lembo del cartone, affinchè i soli raggi invisibili potessero attraversare la lente, e pose nel fuoco di essa un termometro nel quale il mercurio s'alzò subito a 45° ; la palla del termometro si colorì in rosso. Ritirato lo spettro a circa 2^l. dal lembo del cartone il mercurio s'alzò a 21° , nè più si vide sulla palla alcun segno di rosso. Ma Herschell attribuì il rosso della palla nell' antecedente esperienza all'imperfezion della refrazione prodotta dalla lente e alla difficoltà di determinare con precisione i limiti dello spettro luminoso, giacchè tali esperienze non furon fatte nella camera oscura, essendosi Herschell contentato di porre davanti alla sua finestra una tela densissima. Per il che egli concluse, che i raggi invisibili che producono il calore son sottomessi alle stesse leggi di rifrazione e di riflessione di quelli che producon la luce.

771. E intanto queste esperienze fecero ad Herschell sospettare, che vi sian de' raggi solari invisibili che non producano che del calore, e che siano meno rifrangibili de' raggi luminosi. Al qual oggetto tirò su una tavola orizzontale 5 linee parallele distanti fra loro di 0, 0125 metri ($\frac{1}{2}$ poll. inglese), sulla quale facendo cader lo spettro solare in modo che la parte visibile fosse terminata alla prima linea dal lato de' raggi rossi, successivamente pose la palla del termometro sulla 2.^a, 3.^a e 4.^a linea, e però fuor della parte

visibile dello spettro, e le ascensioni corrispondenti del mercurio furono nel rapporto di $5\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{4}$, $5\frac{1}{8}$. Allora per determinare il punto del massimo calore pose il termometro, 1.° in mezzo a' raggi rossi, 2.° al punto in cui cessavano d'esser visibili, cioè metà nell'ombra, metà nel rosso visibile, 3.° fuor de' raggi visibili in modo che questi venissero a rasentare la palla del termometro; e le ascensioni corrispondenti del mercurio furono nel rapporto di 7, 8, 9. Nell'ultima esperienza il centro della palla era a 3¹ al di là della parte visibile dello spettro; e il termometro di Fahrenheit che vi segnò un grado di più che nella situazione precedente, non era stato rimesso alla temperatura media. S'era contentato di farlo passare da una posizione all'altra, osservando di quanto s'elevava il mercurio anche dopo questo cangiamento.

Dal che concluse che vi son de' raggi solari invisibili che producon del calore (368), e che son men rifrangibili di quelli che affettan l'organo della vista. A questi attribuisce il calore manifestatosi nelle esperienze fuor della parte visibil dello spettro, e dopo molte prove fissò il *maximum* del calore a 0, 0125 metri fuor della parte luminosa. Alfine egli crede che i nostri occhi sian costruiti in modo da non ricevere che i raggi contenuti nello spettro luminoso, mentre i raggi invisibili arrestati dalle membrane ed

(368) Avverte quì Haüy (*Physique* §. 1051) che per tale ipotesi di Herschell le emanazioni del Sole consisterebbero in raggi di due nature differenti, di cui gli uni sarebbero solo luminosi e gli altri solo calorifici ec. ec. E soggiunge che tali esperienze importanti e delicate, ripetute da Leslie con tutta la scrupolosità da renderle decisive, non gli hanno dato mai indizio alcuno di calore al di là dei limiti dello spettro solare; onde vi è luogo a presumere, che l'effetto annunziato da Herschell era dovuto all'influenza straniera di qualche causa accidentale; conseguenza conforme all'analogia ec. ec.

umori dell'occhio agiscono sopra di lui come sul resto del corpo eccitandovi la sensazione del calore.

772. Si sa da lungo tempo a qual grado si porta la forza de' raggi solari per produrre il calore riconcentrandoli per mezzo di una lente ustoria. Ma con ciò si accresce il lor potere reale? ovvero dipende solo dall'agir' essi in maggior numero sopra uno spazio minore? Per assicurarsene Rumford impiega due lenti piccole perfettamente eguali di 4 poll. di diametro; nel tempo stesso le presenta al sole; e per determinare le quantità relative di calore prodotte in tempi dati dai raggi solari, riceve questi raggi sulle superficie annerite di due serbatoj di calore, che non son altro che scatole metalliche piene d'acqua, in ognuna delle quali esiste un termometro. E perchè le quantità di raggi che passano attraverso alle due lenti siano perfettamente eguali, davanti a ciascuna di loro è posto immediatamente uno specchio metallico ben levigato forato nel centro con un orifizio circolare di $3\frac{1}{2}$ poll. di diametro. Ora quando i serbatoj di calore son posti a differenti distanze da' fochi delle rispettive lenti, son necessariamente differenti i diametri degli spettri solari formatisi sulle superficie annerite dei serbatoj; e comechè sono eguali le quantità di raggi, le lor densità alla superficie di ogni serbatojo son reciproche al quadrato del diametro dello spettro formatosi a questa superficie. Con tale apparecchio Rumford ha fatte diverse esperienze che lo hanno indotto a concludere, che il poter de' raggi per produrre il calore è sempre proporzionale alla lor quantità, si riconcentrino essi o nò, ossia che il calore prodotto è proporzionale al fluido luminoso assorbito; teorema già sospettato dai Fisici, ma ora dimostrato dalle esperienze delicate di Rumford (369).

(369) Su questo principio costruì Leslie il suo fotometro, (Haüy, *Physique* T. 2. §. 1046) col quale trovò che

773. *Mescolanza de' colori.* Proveremo che la refrangibilità de' raggi e il loro colore non possono esser cangiati dalla mescolanza de' raggi di differente refrangibilità. Fate cader l'immagine bislunga e colorita del sole come sopra (§. 665) su una lente convessa lontana 6^{te}. da un prisma orizzontale; i raggi divergenti divengon convergenti per la refrazione della lente, e si taglian reciprocamente a 6^{te}. di distanza al di là di essa. Se mettesi un foglio bianco un poco più lontano, i raggi che dopo la loro intersezione divengono ancor divergenti, arriveranno al foglio dispersi, e si avrà un'immagine bislunga tinta di differenti colori, che per la loro intersezione saran disposti in un ordin contrario, senza però nulla soffrire per la loro mescolanza al punto d'intersezione. E se nel far quest'esperienza s'intercettano con un foglio nero de' raggi dell'immagine dietro la lente, si cangia la mescolanza senza però nulla soffrire i colori degli altri raggi benchè isolati. Dalle quali due esperienze rilevasi, che la mescolanza de' raggi di differente refrangibilità non cangia in alcun modo la refrangibilità e il colore de' raggi.

774. E, se nell'esperienza precedente s'avvicini un foglio al punto in cui si confondono tutti i raggi dell'immagine dietro alla lente, l'immagine è bianca; e se s'intercetta con un foglio nero il color rosso dell'immagine davanti la lente, il bianco svanisce, e il colore sul bianco tende al blu. Così i raggi che parton dal sole compariscon bianchi, ma separandoli col prisma si scopre il loro colore, e se di nuovo si mescolano con una lente convessa, ritorna il bianco: Dal che si conclude che il bianco è formato dalla me-

il rapporto fra i gradi di forza de' raggi blu, verdi, gialli e rossi è quello dei numeri 1, 4, 9, 16, rapporto doppio di quello di Rochon e quadruplo di quello di Herschell (n. 367).

mescolanza de' differenti colori. Sul che si osservi, che per aver il bianco non è necessario mescolar tutti i colori che si veggono nell'immagine bislunga del sole, perchè il bianco de' raggi del sole tira un poco al giallo; onde togliendo dalla mescolanza in parte i raggi gialli, il bianco è più perfetto. In somma il bianco è prodotto dalla mescolanza di 4 ovvero 5 colori fatta in una giusta proporzione.

775. I colori primitivi cioè omogenei producono altresì colla lor mescolanza un'infinità di colori differenti. Spesso un color simile a un colore omogeneo risulta dalla mescolanza d'altri colori (370). Col rosso, giallo e blu imitiamo tutti gli altri colori. Dal che non si concluda però che vi sian soltanto tre colori primitivi, mentre effettivamente son 7, giacchè quando non vediamo ad occhio nudo differenza alcuna tra un color primitivo e un color risultante dalla mescolanza di altri, egli divien sensibile attraverso ad un prisma.

(370) Col rosso e giallo si ha l'arancino, col giallo ed azzurro il verde, col violetto ed azzurro si ha l'indaco, ec.; in generale coi due colori vicini si ha il colore che resta fra mezzo ad essi. Bensì però questi colori secondarij, quantunque simili ai primitivi e in forza e in colorito, non lo sono giammai rapporto alla lor permanenza ed immutabilità. Anzi quanto più un colore è composto, tanto meno è vivo e perfetto, cosicchè componendolo sempre più si vien finalmente ad estinguerlo affatto. E' inutile il dire che colla composizione si hanno dei colori che non si rassomigliano ad alcuno di quelli della luce omogenea (Hauy, *Phys.* §. 952).

CAP. II.

De' colori de' corpi naturali.

776. Si è veduto che i raggi elementari del fluido luminoso hanno de' colori che son loro proprj, e che in ogni circostanza nulla posson soffrire d'alterazione. Non è lo stesso de' corpi naturali. I colori sotto cui ci si presentano, s'alterano assai alla lunga, cangiando secondo la differente e positura de' corpi e costituzione delle superficie che gli terminano, e anche secondo le varie modificazioni che si fan provare agli elementi che gli compongono. Con un prisma decomponete un raggio del sole introdotto in una camera oscura, e fate cader successivamente su un oggetto i raggi coloriti che risultano dalla decomposizione; questo comparisce sempre del colore del raggio che cade sulla sua superficie, qualunque fosse il suo colore quando si vedeva alla luce del giorno. Se il raggio di luce che cade sull'oggetto, è dell'istesso colore di quelle dell'oggetto considerato a aria piena, il suo colore è vivissimo, mentre che apparisce cupo ed oscuro quando si fa cadere sulla sua superficie un raggio d'un altro colore. Da questa esperienza e da altre che abbiám descritte, segue che i corpi naturali riflettono i raggi di tutti i colori, ma alcuni in più gran quantità, e che l'oggetto apparisce sempre del colore de' raggi che riflette in maggior numero.

777. Fra i raggi che non sono riflessi da un corpo, gli uni vi penetrano e vi soffrono un'infinità di riflessioni e di refrazioni, finchè finalmente si combinano in virtù dell'attrazione con le molecole del medesimo corpo. Questi raggi combinati son impiegati a riscaldare i corpi; e perciò un corpo si riscalda più presto se riflette meno luce; e perciò un corpo

bianco che riflette quasi tutti i raggi da cui è illuminato, si riscalda più lentamente di tutti; e perciò un corpo nero penetrato da quasi tutti i raggi perchè pochi ne riflette, acquista del calore più presto degli altri.

778. I raggi che sfuggono alla riflessione e alla combinazione, si aprono a traverso i pori una via facile, sopra tutto se i corpi son composti di lame sottili e trasparenti. Da ciò si vede il perchè i corpi trasparenti compariscon di differente colore secondo che si considerano per via di raggi riflessi o trasmessi; il che si manifesta a maraviglia nei cristalli sottili e negli anelli coloriti. Se si mettono l'una sopra l'altra due lenti obiettive da telescopj e si comprimono, si vede guardando di sù in giù nel luogo ove si toccano a vicenda, una macchia nera cinta da anelli coloriti e separati fra loro per via di circoli bianchi, con essere i colori disposti come segue contando dal centro alla circonferenza.

nero,	blu, bianco, giallo, rosso,
violetto,	blu, verde, giallo, rosso,
porporino,	blu, verde, giallo, rosso,
verde,	rosso,

L'occhio non riceve che la luce riflessa dall'aria che si trova fra le due lenti: dunque il loro punto di contatto dee presentare una macchia nera, ma allontanandosi da esso debbonsi vedere degli anelli diversamente coloriti a ragion della differente densità degli strati dell'aria interposta.

Se le due lenti si alzino e giunga all'occhio la luce che le attraversa, si vede presso al centro un punto bianco, e gli intervalli che separavan gli anelli coloriti nell'esperienza precedente, offrono, allontanandosi dal centro, i colori che seguono
 bianco, rosso-giallognolo, nero, violetto, blu,
 bianco, giallo, rosso, violetto, blu,
 verde, giallo, rosso, verde tendente al blu,
 rosso, verde tendente al blu.

I quali colori son cinti anche da colori più deboli.

Un simil fenomeno si considera nelle bolle che si formano per mezzo d'un cannello con l'acqua di sapone, le quali nella lor parte superiore son sottilissime mentre l'acqua per ogni banda va al basso, ed hanno una maggior grossezza quanto più si va al basso; la qual differenza di grossezza nelle differenti parti della medesima bolla dà origine agli anelli coloriti che subito appariscono, e i di cui colori cambiano continuamente al medesimo luogo perchè a ogn'istante scema la grossezza della bolla.

779. Dalle quali esperienze confrontate risulta, che
1.° un corpo trasparente dee comparirci diversamente colorito secondo che si considera per mezzo di raggi riflessi o di raggi trasmessi; 2.° un cambiamento prodotto nella grossezza di una piccola lama fa nascere un cambiamento nel suo colore; 3.° i cambiamenti di colore sono successivamente i medesimi e nel medesim'ordine, qualunque sia la densità o la forza rifrangente della materia costitutiva della piccola lama; poichè le piccole lame d'aria fra due obiettivi e le piccole lame d'acqua in una bolla, le di cui grossezze crescono nell'allontanarsi dal punto di mezzo, offrono agli sguardi dell'osservatore colori costantemente disposti nell'ordin medesimo.

780. Osservazioni I.° In una lama più refringente bisogna meno grossezza che in una lama meno refringente, ad effetto che sieno ambedue tinte dello stesso colore. Poichè stando tutto come nella penultima esperienza, se fra le lenti obiettive s'introduce, per un lato soltanto, dell'acqua in poca quantità, essa a poco a poco si insinua fra le lenti, e vi si osservano gli stessi colori degli anelli e nell'ordine stesso sì nell'aria come nell'acqua: sebbene in quest'ultimo caso gli anelli vi son più ristretti, dimodochè quando l'acqua è giunta al centro si vedon tutte le porzioni degli anelli nell'acqua separate dalle porzioni degli anelli nell'aria, e ridotte in uno spazio più stretto;

II. Il mezzo che circonda una piccola lama non influisce punto sul colore. Poichè presa una lama di vetro tanto sottile che comparisca colorita, i colori non vi si cangiano quando si bagna cioè quando è circondata d'acqua e non più d'aria. Bensì i colori vi son meno vivaci di prima. Onde il colore di una piccola lama è tanto più vivo quanto maggiore è la sua forza refringente della forza refringente del mezzo che la circonda; e però son men vivi i colori in una lama d'acqua circondata dal vetro che se ella è circondata dall'aria.

781. Del resto considerando ora le superficie de' corpi come formate di un' infinità di piccole lame sottilissime, si può ad esse applicare tutto ciò che abbiain detto di una piccola lama isolata: il che ci fa concludere, che il colore de' corpi naturali dipende dalla grossezza e dalla densità delle lame che gli compongono (371).

(371) V. Journal des Sçavans 1762. Février pag. 83. E' vero che le varie grossezze dei corpi producon talora varie apparenze, ma è vero altresì che in varie grossezze si han talora le stesse apparenze. Dunque vi dee essere un'altra causa che le produca, e questa è forse la varia figura delle particelle componenti un corpo, la di lui tessitura diversa nella riunione di queste particelle, e perciò la lor diversa porosità ec.: quindi è che se la cocciniglia rende rosse le superficie che ella spalmava, ciò nasce dall'esser con questo mezzo quelle superficie, che ognor si posson considerare quasi come spugne, rese tali, che s'imbevon di tutti gli altri raggi e sol riflettono energicamente i raggi rossi; quindi è che se per es. in una dissoluzione di zolfato di rame versandosi alcune gocce d'ammoniaca prende quella un bel l'azzurro, e se poi su questo miscuglio versandosi un poco d'acido nitrico perde quello il suo colore, ciò nasce dal più addensarsi o diradarsi il liquido, onde ne risulti un diverso colore; quindi è che se l'oro in massa è giallo, ciò nasce dall'esser la sua superficie capace di sol riflettere il giallo, ec. Se dunque la natura del corpo sia tale

782. È vero che Berthollet (*Elemens de teinture*, 2.^a edition) si è opposto a questa general conclusion

da rifletter nel tempo stesso con eguale energia più raggi, ci comparirà di color mischio, il quale tenderà al color del raggio predominante in caso disuguale. Ora rigetta la superficie d'un corpo tutti i raggi? la superficie si dice bianca: gli assorbe tutti? la superficie si dice nera. Ma come si veggono, si dimanderà, i corpi neri, se essi non ci trasmetton raggio alcuno per cui ci si rendan visibili? Si veggono al pari di quando ci sembra vedere un circolo nero quando tagliata che si è una superficie circolare in un foglio bianco, si espone il resto del foglio all'aria in un luogo ove non abbia al didietro corpo alcuno illuminato, il qual circolo ci apparisce appunto nero a motivo del contorno circolare che lo circoscrive.

Quì ora debbono richiamarsi gli esperimenti del Delaval veduti e ripetuti dal celebre Giuseppe Saverio Poli. Si fa questi con un liquor rosso formato con alcune specie di fiori, il quale empita che se ne è una tazza posta di fronte ad una finestra onde possa rimirarsi il liquor rosso contro luce, ha un rosso vivissimo. Agito allora il liquore con una sottil punta di penna intinta già leggermente in un acido, e il rosso si cangia in porporino: l'agito di bel nuovo egualmente, e il porporino diviene un chiarissimo azzurro: di nuovo faccio lo stesso, ed ho il verde. Poco dopo agito il liquore colla punta d'un'altra penna intinta in un alcali, e mi ricomparisce l'azzurro, indi con nuove agitazioni il porporino, e al fine il rosso. Che se nel liquor rosso getto una buona dose d'un acido in un tratto, esso prende l'arancino, che poi convertesi in giallo. Per il che, soggiunge il Poli, ognun vede che ad uno stesso liquido posson farsi prendere tutti i colori del prisma coll'infondervi una goccia d'altro liquido qualunque trasparentissimo, il quale non può far altro che diversamente modificare le parti del primo liquore (rendendole forse più dense o più rare), onde rendansi atte a rifrangere ora uno ora un altro raggio. Pertanto dee dirsi riguardo ai corpi trasparenti cioè che si veggono per luce rifratta, che essi presentano il colore del raggio che attraversa per mezzo ad essi, e che quindi solo si rifrange ad escla-

son delle esperienze seducenti. 1.^o Se i colori che affettano i corpi dipendesser sempre dalla grossezza e densità delle lame che gli compongono, una dissoluzione di indaco, allungandola molto con l'acqua, dovrebbe prender successivamente molte tinte differenti, e intanto ella conserva sempre il suo color blu: anzi il precipitato, che forma l'acetato di piombo, è pure blu al pari del liquido che gli sta sopra. 2.^o Nell'azione degli aloali e degli acidi si veggono degli effetti che si accordan con questo, e che tutti concorrono allo stesso termine: la barite, la di cui gravità specifica e *fissità* sono sì grandi, comunica al siroppo di viole lo stesso colore dell'ammoniaca, la quale al contrario ha molta leggerezza specifica e disposizione elastica. Similmente gli acidi solforico e fosforico cangian la tinta del tornasole in rosso come l'acido carbonico. Ora in tutte queste circostanze le grossezze e le densità de' corpi vengono cangiate senza che varino i colori. Le quali considerazioni sono da Berthollet sostenute con molte altre, per cui viene a concludere che non bisogna confondere i colori fuggitivi prodotti dalla riflessione delle lame e che seguon le leggi determinate da Newton, con i colori che si conservano ad onta dei cangiamenti di densità e di grossezza.

sione degli altri; il Cipro, la Malaga son gialli perchè lascian soltanto attraversare il raggio giallo, ec. Dove si noti che i raggi meno rifrangibili son più forti o più idonei a trapassare nei mezzi trasparenti: e perciò siccome i raggi rossi per essere i più duri e i più forti hanno il vigore di penetrare l'ammasso dell'acque, ai palombari a ragione che più si profondan nel mare compariscon d'un rosso più vivo tutti gli oggetti che veggono o nell'onde o nel fondo.

Nascon poi dalla varia riflessibilità e rifrangibilità de' raggi di luce i colori cangianti di un oggetto medesimo situato in varie posizioni, come il collo d'un colombo, ec.

783. Ma per conciliare i fenomeni suddetti con la legge di Newton, il quale fa dipendere la facoltà che hanno i corpi di riflettere i tali o tal'altri raggi, dalla grossezza delle lame componenti la lor superficie combinata con la lor densità, conviene osservare che queste lame, quali le concepiace Newton, son formate di filetti sottilissimi paralleli fra loro, ognun de' quali può esser diviso in un minore o maggior numero di parti senza che ne soffrano la più tenue alterazione la grossezza e la densità. La qual cosa appunto accade ad una dissoluzione di indaco o di tornasole, allungata con una maggiore o minor dose d'acqua: dove i filetti componenti le lame riflettenti son divisi in un maggiore o minor numero di parti per il verso di lor lunghezza, in nulla vi resta toccata la densità e la grossezza, e resta lo stesso il colore. Tutto va altrimenti se qualche alterazione ne soffre la densità o la grossezza dalle particelle risultanti dalla divisione di questi filetti, il che accade ogni qualvolta esse si uniscono strettamente ad un'altra sostanza. Ogni combinazione cangia la densità o la grossezza de' filetti che forman le lame riflettenti, il che di necessità porta un cambiamento nel colore.

784. Sebbene per render ragione di tutti i fenomeni de' colori bisogna considerargli chimicamente (372). Infatti i tre colori primitivi nelle arti si sviluppano nei corpi de' tre regni per un assorbimento più o meno grande d'ossigeno che si combina coi diversi principj di questi corpi. Nel suo stato naturale il ferro è senza colore; la prima impressione del fuoco o il primo grado d'ossidazione sviluppa un color blu, e un secondo grado d'ossidazione il giallo; e se l'ossidazione cresce, il ferro divien rosso: la maggior parte de' metalli presenta gli stessi fenomeni. Nel

vegetabile il blu si forma con la fermentazione, cioè con una fissazione d'ossigeno, e la maggior parte di questi colori posson passare al rosso con una maggior quantità d'ossigeno; e perciò il girasole arrossisce all'aria e con l'azione degli acidi. Sviluppansi i colori medesimi nel regno animale per la combinazione dell'ossigeno. Quando la vivanda si putrefa, il primo grado d'ossidazione decide il color blu, e a misura che cresce l'ossidazione non tarda a comparire il rosso. Tal fenomeno si vede nella preparazione de' formaggi, i quali subito si rivestono d'una lanugine di color blu, che quindi divien rosso. Finalmente la fiamma de' corpi bruciati offre lo stesso effetto; ella è blu quando è lenta la combinazione dell'ossigeno, rossa quando è più forte, e bianca quando è completa l'ossigenazione. Apparisce che il *maximum* dell'ossidazione deterruina la riflessione de' raggi d'ogni specie in giuste proporzioni. Da ciò si deduce che la combinazione dell'ossigeno e le sue proporzioni fanno nascere nei corpi la proprietà di riflettere il tale o il tal altro raggio luminoso, cosa per niente maravigliosa perchè la combinazione dell'ossigeno in differenti proporzioni cangiar dee la grossezza e la densità delle lame, e però far variare i colori.

785. Intanto l'aver Herschell di fresco assoggettato a nuove prove la spiegazione di Newton gliela fa riguardare come insufficiente a render ragione del fenomeno degli anelli coloriti; ed eccone l'esperienza che più d'ogn'altra lo ha determinato a fissar la sua opinione. Posto in una camera oscura uno specchio metallico levigatissimo di 7 pol. di foco, vi accomodò un carton bianco forato nel mezzo con un foro circolare di 0,1 pol. di diametro, per cui introduceva un raggio solare diretto a perpendicolo sullo specchio. Così il cartone non riceveva alcun raggio luminoso; perchè tutti quelli che arrivavano sullo specchio eran rigettati per riflessione in un foco preci-

samente posto nel foro per cui eran venuti. Allora avendo egli fatto gettare per mezzo di un suo barbotto un po' di polvere da impolverare con una nappa sul fascetto luminoso, appena che la nappa incontrò il fascetto luminoso, il cartone restò coperto di un bell'assortimento di cerchi concentrici, dove facevan pompa tutti i colori dell'iride. Ed ottenne una gran varietà nella grandezza degli anelli col fare similmente gettar la polvere nel fascetto luminoso ad una maggior distanza dall'oggetto. Ora in quest'esperienza non vi è interposta lama alcuna di vetro fra una superficie e l'altra, la quale produr possa i colori col riflettere alcuni de'raggi luminosi e col trasmetterne gli altri. Secondo Herschell gli anelli coloriti che si formano, risultano visibilmente dalla riflessione de'raggi luminosi intorno alle particelle fluttuanti della polvere, modificate dipoi dalla curvatura della superficie riflettente.

786. Quando il Sole è vicino all'orizzonte, le ombre compariscono colorite, e quelle che si ricevono su un piano bianco sono d'un blu vivissimo. Il piano che riceve l'ombra è illuminato dal Sole e dai raggi blu che riflette l'atmosfera, ma i raggi solari sono intercettati da un corpo opaco. Dunque il piano che è nell'ombra non è colpito che da'raggi riflessi, che gli danno un colore azzurro. La fiamma dell'alcool, del gas idrogeno, dell'olio ec. forma altresì delle ombre che variano nel loro colore (373).

(373) Qui dovrebbero aver luogo la bella Memoria di Buffon *sui colori accidentali e sulle ombre colorate* (*Histoire naturelle reduite* par M. Bernard, Paris 8.^o T. 3) e le dotte Memorie del D. Pietro Petroni *sui colori accidentali della luce* (4.^o Pistoja 1815): ma l'impossibilità di farne un estratto ci obbliga a rimettere il giovane studente alle opere originali degli Autori.

C A P. III.

Della trasparenza, opacità e fosforescenza.

787. *Trasparenza e Opacità.* Vi sono alcuni corpi i quali han la proprietà di non trasmetter punto il fluido luminoso e diconsi *opachi*; e ve ne sono altri che gli somministrano un passo più o meno libero e facile, e diconsi *trasparenti*. Poichè i fenomeni della lor trasparenza e opacità hanno da lungo tempo esercitata la sagacità de' Fisici, in principio si immaginò 1.^o che un corpo è opaco perchè il fluido luminoso presentatosi alla di lui superficie trova per strada delle molecole di materia, che vittoriosamente resistendo al suo passaggio gl'impediscon d'introdursi fra i pori di questo corpo; 2.^o che un corpo è trasparente quando i suoi pori hanno una disposizione rettilinea, che ai raggi luminosi dà il mezzo di passare attraverso ai corpi senza colpirne le parti solide e senza provarvi alcuna riflessione. Ma per distruggere una tale spiegazione basta il riflettere, che corpi durissimi e densissimi, come il diamante, offrono un passaggio libero al fluido luminoso mentrechè corpi porosissimi, come il sughero, godono del privilegio dell'opacità.

788. Ora I.^o Perchè un corpo sia opaco bisogna che rifletta il fluido luminoso e che sia deviato dalla sua linea retta; e perciò basta che le molecole costitutive del corpo sian separate da degli intervalli o vuoti o riempiti da un mezzo che in forza rifrangente differisce da queste molecole. Poichè se il fluido luminoso penetra questo corpo, caderà sulla superficie che separa i mezzi, differenti in forza rifrangente, e però basterà un'infinità di riflessioni e di refrazioni, che l'obbligheranno a dispergersi nel corpo senza permettergli d'escirne.

Tom. III.

789. II.° Perchè un corpo sia trasparente basta che gl'intervalli che separan le molecole di cui è formato, sian riempiti da un mezzo della stessa forza rifrangente di queste molecole, perchè allora il fluido luminoso non soffrirà nel corpo riflessione alcuna o rifrazione, seguirà la sua linea retta, e il corpo sarà trasparente.

790. 1.° Un foglio di carta divien più trasparente coll'immergerlo nell'acqua, perchè l'acqua riempie i suoi pori, e differisce meno dell'aria in forza rifrangente rispetto alle molecole componenti la carta. 2.° Se dopo aver empito una boccia di vetro sottile in parte d'acqua chiara e in parte d'olio di trementina, più leggiero dell'acqua, i due liquidi senza mescolarli restan l'uno al di sopra dell'altro, e ciascun di loro conserva la sua trasparenza: ma se si dimena la boccia in modo che i due liquidi si mescolino, la mescolanza diventa opaca. 3.° L'acqua sbattuta per la sua propria caduta o in altro modo, e il bianco d'uovo frullato, divengono opachi, perchè l'aria che vi s'introduce forma con queste materie un tutto, composto di parti differenti in forza rifrangente. 4.° Il vetro stritolato, rotto, o appannato perde la sua trasparenza; che esso ricupera se vi si mescola dell'acqua; perchè all'aria che era mescolata col vetro si sostituisce un liquido la di cui forza rifrangente si avvicina più alla sua. 5.° L'idrofana (374)

(374) *Le pietre cangianti o occhio di mondo* da Hill in qua, perchè divengon trasparenti nell'acqua, si chiamano *pietre idrofane*, proprietà che secondo l'analisi fattane da Bergman nasce dall'acqua introdottasi fra le loro molecole col distendervisi progressivamente dalla circonferenza verso il centro, quasi come si vede un mucchio di polvere di vetro, bagnata che è, acquistare una specie di trasparenza, secondochè ha qui sopra (4°) insegnato l'A.; proprietà che Bergman medesimo dimostrò appartenere anche a delle selci e a delle steattiti, come

acquista la trasparenza con immergerla nell'acqua, la cui densità si accosta a quella della pietra, e che scaccia l'aria interposta nell'idrofana.

791. Tutte queste esperienze con molte altre da potersi citare conferman la spiegazione da me data sulle tracce di Newton dei fenomeni dell'opacità e della trasparenza; e ne risulta che la trasparenza è una proprietà particolare e variabile, indipendente dalla porosità. Poichè è chiaro che quanto più la densità delle molecole di un corpo si accosta ad eguagliarsi a quella del mezzo che separa queste molecole, tanto più il corpo esser dee trasparente, e che perciò perfetta sarebbe la sua trasparenza se esistesse un'esatta eguaglianza fra la densità del mezzo che separa le molecole d'un corpo e quella di queste stesse molecole: ma invece del mezzo la cui densità eguagliasse quella delle molecole del corpo, noi possiamo supporre un egual numero di molecole dell'istessa specie e densità di quelle del corpo; dunque se il corpo fosse omogeneo e assolutamente senza pori, la sua trasparenza sarebbe perfetta: e però la trasparenza è indipendente dalla porosità. Di più ella arriva al suo limite di perfezione appena svanisce la porosità; onde la gran facilità con cui il fluido luminoso attraversa i corpi diafani, non può servire a provare che i corpi son crivellati di pori.

792. Ma come combinare il passaggio libero e facile de' raggi luminosi attraverso ad un corpo senza pori, con la sua impenetrabilità? Se con Newton riguardiamo i corpi come composti di lame infinitamente sottili, e se da una parte consideriamo l'estrema tenuità de' raggi luminosi, e dall'altra la gran

pure dimostrò che anche la calcedonia e l'opalo sono specie di pietre idrofane, le quali nell'analisi danno terra (che è la base) mescolata con un pò d'argilla o di terra calcarea.

velocità che gli anima (§. 651) accresciuta più che mai dall'attrazione della prima lama del corpo su cui vanno a cadere, è facile il concepire che posson aprirsi una strada attraverso le molecole della prima lama. Giunti alla seconda dell'istessa densità della prima, e che la tocca immediatamente nell'ipotesi che il corpo sia senza pori, i raggi sono attratti egualmente e nel medesimo senso; il che fa che essi lo attraversano senza cangiar direzione. Lo stesso sarà fino all'ultima, che parimente darà loro l'adito in modo che nessun raggio luminoso sarà deviato dalla sua linea retta, e il corpo godrà della maggior trasparenza.

793. *Fosforescenza*. Chiamasi così un'apparizione di chiarore durevole o fuggitivo senza calor sensibile e senza alcun'alterazione susseguente nei corpi inorganici; fenomeno che ha in tutti i tempi esercitato l'attività de' Fisici.

794. Chi lo riguardava come prodotto dal fluido luminoso impegnato nei pori de' corpi o combinato colle loro molecole. Ma se così fosse, come mai molti corpi perderebbero sì presto la facoltà di lucificare ad una sola calefazione su un corpo caldo, mentre non potrebbero recuperarla con dei mezzi propri a favorire questa fissazione, come con esporli all'azione di un calore violento o a quella de' raggi solari? Chi ha pensato che il calorico si trasformi in fluido luminoso per mezzo della compressione o di un'elevazione di temperatura; spiegazione inammissibile per i corpi che diventano fosforescenti all'elevazione di temperatura, giacchè il più di essi perde irrevocabilmente la proprietà fosforica quando sono riscaldati un pò fortemente. Chi attribuisce tutte le fosforescenze alla combustione; opinione plausibile finchè si tratti de' corpi organici, ma che non sembra convenire alla fosforescenza di tutte le sostanze animali. Chi finalmente la fa dipendere dal fluido elettrico; opinione rigettata da Bergmann sulla ragione

the (375) le così dette *blende* fosforescenti brillan nell'acqua come nell'aria, mentrechè i lampi elettrici si estinguono affatto nell'acqua.

795. Erano i Fisici divisi fra queste opinioni, quando il Sig. Dessaignes si è dato a delle ricerche, che hanno gettato del lume su questo importante fenomeno. Primieramente egli distingue quattro mezzi da rendere i corpi fosforescenti. 1.^o Un gran numero di vien tale all'elevazione di temperatura in due modi diversi, cioè l'uno è indipendente dall'ossigeno e comune a tutti i corpi quando non cangiano stato per l'effetto del calore di cui provan l'azione, e l'altro è prodotto dalla combinazione dell'ossigeno coll'idrogeno, proprietà di tutte le sostanze vegetabili ed animali: la fosforescenza di quest'ultime cresce sempre nell'ossigeno, il che non ha luogo per quella delle sostanze minerali. 2.^o Certi corpi divengon fosforescenti quando si sottopongono all'attività de' raggi solari, e taluni col solo esporli ai raggi lunari. Tal'è il solfuro di Canton, fatto con tre parti di scaglie d'ostrica calcinate e una di zolfo. Si citano anche alcuni diamanti, che han la stessa proprietà. 3.^o Si rendono pur luminosi i corpi con esporli alle scariche elettriche. Lo zucchero posto nel giro di una scarica elettrica dopo l'esplosione divien luminoso: lo stesso fanno gli ossidi vitrei, il muriato di stagno ec. 4.^o Alcuni sali metallici come il muriato di mercurio, il sublimato corrosivo, il fosfato di mercurio ec. divengon luminosi per l'urto meccanico, e cert'altri corpi

(375) Questa parola tedesca (*pseudo-galenà, mica*) indica un minerale che non è buono a nulla, e che Hemckel dice essere una *pietra marziale* sterile, composta di parti arsenicali e di una terra che resiste all'azion del fuoco. E' nelle miniere di piombo e d'argento, dove Hoffmann la riguarda come la matrice di questi metalli. Le *blende* ordinarie son nere, luccicanti, e simili alla *quinzia* di piombo benchè ne siano meno brillanti.

come le blende son fosforiche alla 'più leggiera collisione.

796: Ma infine altri corpi godono della fosforescenza spontanea; la quale è passeggera e fuggitiva nell' unione di una piccola porzion d' acqua con della calce caustica, ed è durevole e permanente nel legno luccicante. Il legno putrido, le carni degli animali e specialmente de' pesci nel decomorsi godono di una fosforescenza assai considerabile, quantunque esse abbian bisogno del contatto dell' aria per luccicare. Infatti il chiarore sparso dal legno putrido e dai pesci fosforici, introdotto attraverso al mercurio in un tubo di barometro, languisce e s' estingue in 7" o 8". Dal che ha concluso Dessaignes, che la fosforescenza spontanea è una specie di combustione, in cui si produce dell' acqua e dell' acido carbonico.

797. Dessaignes si era inoltre convinto nel corso delle sue lunghe e laboriose ricerche, che la proprietà fosforica nella sua eccitazione era soggetta alla legge de' corpi conduttori, come procurò di provarlo con le seguenti osservazioni. 1.° Tutte le sostanze che contengono una certa quantità d' acqua di cristallizzazione son fosforescenti, come la creta messa su una paletta riscaldata, ma non a rosso, e in simili circostanze lo sono il fosfato di calce, il fluato di calce ec.: e Dessaignes ne concluse, che l' acqua combinata è la sorgente di tutte queste fosforescenze. Anzi egli curioso di saper come poteva l' acqua concorrere a produrre il fenomeno della fosforescenza, l' ha sottoposta ad una forte compressione in tubi di cristallo grosso, e l' ha trovata luminosissima nell' atto dell' urto con esserne la luce simile in intensità e colore a quella che vien prodotta dalla combustion del gas idrogeno e ossigeno nell' eudiometro di Volta. E alla stessa prova avendo posto gli altri liquidi, tutti i solidi e tutti i gas, vide non esservene alcuno che non offra lo stesso risultato. 2.° Sono infosforescenti i corpi metallici, i loro zolfuri fuori dell' ar-

benico, e quasi tutti i loro ossidi; e Dessaignes crede trovarne la causa nella facoltà più o meno conduttrice degli elementi metallici. 3.° Alcuni corpi spogliati della lor proprietà luminosa la recuperano con l'elettrizzarli (V. *Journal de Phys.* Avril et Juillet an 1810).

798. Da tutti questi fatti e da molti altri il cui dettaglio ci condurrebbe troppo lungi, Dessaignes tira le seguenti conseguenze: 1.° la fosforescenza acquistata da certi corpi con esporli ai raggi solari non è il risultato di un imbevimento luminoso, ma bensì quello di un fluido nascosto ne' corpi e messo in moto dall'azion ripulsiva del fluido luminoso; 2.° il fluido della fosforescenza è sottoposto alla legge dei corpi conduttori; 3.° questa proprietà non è conciliabile col fluido luminoso o col calorico raggiante, e non può appartenere che al fluido elettrico; 4.° il fluido della fosforescenza è di natura elettrica.

C A P. IV.

Della doppia refrazione e della polarità del fluido luminoso.

799. *Doppia refrazione.* Se un raggio luminoso ab (fig. 143) cade normalmente sulla base superiore d'un romboide di carbonato di calce (spato d'Islanda), si divide in due, dei quali l'uno bc , raggio ordinario, è il prolungamento del raggio incidente, e l'altro be , raggio straordinario, si allontana dal precedente. Se l'incidenza del raggio ab (fig. 144) è obliqua alla superficie del cristallo, si separa pure in due; dei quali l'uno bc s'avvicina alla normale tirata nel punto d'immersione a tenore della legge della refrazione ordinaria, mentre l'altro be si allontana sempre dal precedente. Il piano che passa per i due raggi bc e be e che è normale alla super-

ficie refringente, si chiama *piano della sezione principale*: ed è parallelo all'asse AB del cristallo, che unisce i due vertici ottusi del romboide e che è egualmente inclinato su tutte le faccie.

800. La divisione sofferta da un raggio luminoso nell'attraversare un romboide di carbonato di calce, fa acquistare ai due raggi che ne risultano una proprietà rimarchevole. Poichè 1.° se questi raggi cadono normalmente su un secondo romboide le cui faccie sian tutte parallele al primo, non son più suscettibili di dividersi: il raggio proveniente dalla *refrazione ordinaria* del primo cristallo si refrange *ordinariamente* nel secondo, e il raggio proveniente dalla *refrazione straordinaria* del primo cristallo è refratto *straordinariamente* dal secondo; onde non vi sono che due raggi emergenti dal secondo cristallo. 2.° Se le sezioni principali sono a angolo retto, il raggio proveniente dalla *refrazione ordinaria* del primo cristallo si refrange *straordinariamente* nel secondo e viceversa. Nella qual supposizione come nella precedente non vi son che due raggi emergenti: ma in tutte le posizioni rinchiusa fra questi due limiti, i raggi provenienti dalla *refrazione* del primo cristallo si dividon ciascuno in due altri nel secondo; il che produce quattro raggi emergenti.

801. Così i fenomeni ora descritti stabiliscono un carattere distintivo fra un raggio che vien dal corpo lucido e quello che nell'attraversare un cristallo ha provato l'influenza di sua azione: carattere per cui il primo può sempre esser diviso in due parti, mentre nell'altro questa facoltà dipende dall'angolo compreso fra le sezioni principali de' due cristalli.

802. Del resto lo spato d'Islanda non ha la facoltà esclusiva di produrre il fenomeno della doppia refrazione, giacchè, sebbene in minor grado, la gode un gran numero d'altri minerali, come gli zolfati di calce, di barite, di stronziana, il borato di soda, il

quarzo, lo zirconio, lo smeraldo, lo zolfo, il carbonato di piombo, lo zolfato di ferro ec. ec. (376).

803. E intanto fra i molti servigj resi dal Sig. Rochon alle arti e alle scienze, si dee porre questa felice ed utile applicazione del fenomeno della doppia refrazione: cioè pone egli nell'interno di un canocchiale un doppio prisma mobile di cristallo di rocca o spato d'Islanda, perchè nel separar che fa i raggi questo prisma raddoppia il foco dell'obiettivo, e così la distanza delle immagini dipende dalla posizione che ha nel canocchiale. Rochon ha portato a un tal grado di perfezione questo *micrometro*, che gli dà un gran pregio sì per misurare gli angoli in Astronomia che per misurare le distanze terrestri (V. *Journal de Phys.* Avril, an 1811).

804. Ora prima di esporre la legge che regola la doppia refrazione dee sapersi, che il primo ad annunziare questo fenomeno fu Erasmo Bartolino, il quale lo faceva dipendere dalla disposizione de' pori attraverso ai quali era trasmesso il fluido luminoso. Ma Huygens con studiarvi sopra più attentamente ce lo descrisse con maggior esattezza, e ce ne scoprì la legge dominatrice. Immaginò nello spato d'Islanda due sorti d'ondulazione; nell'una la velocità è la stessa in tutte le direzioni, nell'altra questa velocità è variabile e rappresentata dai raggi d'un'ellissoide di rivoluzione, il di cui centro è nel punto d'incidenza del raggio luminoso sulla faccia del cristallo, e il di cui asse è parallelo all'asse del cristallo.

(376) Il D.^r Wollaston, Segretario della Società di Londra, fece vedere a Bournon (*De la chaux* ec. p. 36), che incollando un corpo qualunque su una faccia di un prisma di vetro vicino a un suo canto, vi era una posizione in cui essendo visto attraverso la faccia adjacente questo foglio compariva doppio, e le due immagini poste a angolo retto l'una sull'altra.

805. Quantunque questa legge sia esatta, tuttavia Newton sdegnando di sottoporla alla prova dell'esperienza perchè era involupata nell'ipotesi inammissibile delle ondulazioni della materia eterea, la condannò all'oblio e vi sostituì la sua, cioè che qualunque sia l'inclinazion del raggio incidente ab (fig. 143), l'ampiezza ce è costante sì quanto alla sua lunghezza che alla sua direzione.

806. Questa legge Newtoniana benchè opposta all'esperienza ha ottenuto per più d'un secolo un'ingiusta preferenza sopra quella di Huygens, e per toglier questa dall'oblio è stato d'uopo che ne' nostri tempi Wollaston applicando alla misura della forza refrattiva dello spato d'Islanda un mezzo ingegnoso immaginato per misurar quella de' corpi opachi, abbia fatto vedere che i raggi, quando son refratti parallelamente alle faccie del cristallo, seguono una legge di refrazione conforme a quella di Huygens. Infatti avendo ciò svegliato l'attenzione de' Fisici, Malus ha osservato e misurato con la massima esattezza un gran numero di fenomeni sopra faccie naturali e artificiali dello spato d'Islanda, e sulle sue osservazioni ha messo a prova le diverse leggi fin ad ora proposte, e si è convinto che la legge d' Huygens è la vera legge della natura. È vero bensì che Huygens s'ingannò sulla causa che fa nascere la doppia refrazione, mentre il sistema dell'ondulazioni della materia eterea non ha potuto resistere agli attacchi molteplici di Newton, che l'ha rimpiazzato vantaggiosamente con la sua bella teoria dell'attrazione. Poichè questo grand'uomo dalle forze attrattive o repulsive che si esercitano a distanze impercettibili, fa dipendere i fenomeni della refrazione ordinaria e straordinaria. Nell'esame diligente che fece Newton del fenomeno presentatosi ad Huygens nella sovrapposizione di due romboidi di spato d'Islanda, rilevò per bel risultato che nelle molecole luminose bisogna ammettere dei *poli* che godono proprietà differenti, perchè, soggiunge,

se ciò che fa la differenza della refrazione ordinaria e della refrazione straordinaria non fosse proprio dei raggi luminosi, e se la sola refrazione lor desse questa modificazione, bisognerebbe che nelle refrazioni seguenti si osservassero delle nuove e simili modificazioni.

807. *Polarità del fluido luminoso*. Malus ha dato un tal nome alla proprietà che ha un raggio luminoso nel cader sotto uno stess'angolo d'incidenza sopra un corpo diafano, di riflettersi o di sottrarsi alla riflessione secondo il lato che presenta all'azion di questo corpo, e sempre in modo che questi lati o poli del-
raggio siano ad angolo retto. L'esistenza di una tal proprietà vien da Malus comprovata con delicate esperienze.

808. I.^a *Esperienza*. Per mezzo di un *eliostata* (x) dirigete un raggio solare nel piano del meridiano in modo che faccia con l'orizzonte un angolo di $19^{\circ} 10'$, quindi fissate un cristallo non amalgamato in una situazione propria a fargli riflettere questo stesso raggio verticalmente e d'alto in basso; al di sotto di esso ponetene un altro simile parallelo al primo, e che facendo col raggio discendente un angolo di $53^{\circ} 25'$ lo rifletta di nuovo parallelamente alla sua prima direzione. Se intanto fate girare il secondo cristallo in modo che la sua faccia sia diretta verso l'est o verso l'ovest senza però cangiar la sua inclinazione rapporto alla direzione del raggio verticale, il cristallo non più riflette un solo atomo luminoso nè alla sua prima nè alla sua seconda superficie, E se continuando a conservargli la stessa inclinazione rapporto al raggio verticale voltate la di lui fac-

(x) L'*eliostata* è uno strumento che serve a ritenere un raggio solare nella stessa linea nella durata dell'esperienza; ed è composto di uno specchio metallico diretto da un orologio in modo che riflette sempre il raggio luminoso verso un medesimo punto. A.

cia verso il sud, il cristallo di nuovo comincia a riflettere la porzione ordinaria del fluido luminoso incidente. E nelle posizioni intermedie la riflessione è più o meno completa secondo che il raggio riflesso si avvicina più o meno al piano del meridiano. Tuttavia in tutte queste circostanze in cui il raggio riflesso si diporta in una maniera tanto differente, conserva costantemente la stessa inclinazione rapporto al raggio incidente. Dunque quì si vede un raggio luminoso verticale che nell'andare a cadere sopra un corpo diafano si diporta nel modo stesso quando la sua faccia riflettente è rivolta verso il nord ed il sud, e in un modo differente quando questa faccia è rivolta verso l'est o verso l'ovest, benchè d'altronde queste faccie formino costantemente con la direzione verticale di questo raggio un angolo di $35^{\circ} 25'$. Il risultato di tale esperienza non ci lascia dubitare, che il fluido luminoso in certe circostanze acquisti delle proprietà indipendenti dalla sua direzione rapporto alla superficie che lo riflette, ma poi esclusivamente relative al verso che prende il raggio verticale, ma che sono le stesse se è rivolto verso il sud ed il nord e differenti se lo è verso l'est e l'ovest.

809. II.^a *Esperienza*. Conservando l'apparecchio dell'esperienza precedente presentate al raggio solare, che ha attraversato il primo cristallo e che in parte è stato riflesso, uno specchio amalgamato che lo rifletta d'alto in basso, onde se ne ha un secondo raggio verticale, il quale ha delle proprietà analoghe a quelle del primo, ma in un senso direttamente opposto. Se a questo raggio presentate un cristallo che con la sua direzione faccia un angolo di $35^{\circ} 25'$, e se nel cangiar questa combinazione fate voltare alternativamente le sue faccie verso il nord e l'est, il sud e l'ovest, ne accade che avete sempre una certa quantità di fluido luminoso riflesso dal secondo cristallo; la qual quantità è molto minore quando le faccie son voltate verso il sud ed il nord di quando

si fanno dirigere verso l'est e l'ovest: succede il contrario esattamente nel primo raggio verticale. E il *minimum* di fluido luminoso riflesso accadeva quando il secondo cristallo era rivolto verso l'est e verso l'ovest. Così facendo astrazione nel raggio dalla quantità di fluido luminoso che si conduce come un raggio ordinario e che si riflette egualmente nei due sensi, ben si vede che questo raggio contiene un'altra porzione di fluido luminoso, che viene esattamente polarizzata nel senso contrario a quella del raggio verticale riflesso dal primo specchio. Una tale esperienza fa comprendere, che quando un raggio cade su un cristallo di vetro formando con esso un'incidenza di $35^{\circ} 25'$, tutto il fluido luminoso che riflette è polarizzato in un senso; e che quello il quale attraversa il cristallo è composto di due porzioni, l'una delle quali è polarizzata nel senso contrario in proporzione del fluido luminoso che è stato riflesso, e l'altra non modificata (per mezzo del cristallo) conserva i caratteri del fluido luminoso tal quale parte dal corpo lucido. Questi raggi polarizzati hanno esattamente tutte le proprietà di quelli che sono stati modificati dai cristalli, i quali danno la doppia refrazione.

§10. Finalmente Malus ha fatto, ora con specchi di cristallo ora con specchi metallici, molte altre esperienze egualmente interessanti, da cui ne ha inferito che 1.^o tutti i corpi della natura senza eccezione polarizzano completamente il fluido luminoso da essi riflesso sotto un angolo determinato, al di qua o al di là del qual angolo il fluido luminoso non riceve questa modificazione che in una maniera incompleta; 2.^o i metalli che rifletton più fluido luminoso dei corpi difani, ne polarizzano anche una più gran quantità (*Journal de Phys.* Juillet, an 1811).

LIBRO XII.

DELL' ELETTRICISMO .

811. **L'** *Elettricità* è quella proprietà per cui in certi stati e in certe circostanze i corpi attraggono e poi rispingono dei corpi leggieri ad essi presentati, lanciano delle scintille e dei raggi luminosi, accendono le sostanze combustibili ed eccitano delle violente scosse. Per ciò che appartiene allo storico, rimando il lettore alla Storia Filosofica della Fisica T. I. c. 13; e per ciò che riguarda la causa di tutti i fenomeni elettrici, fin d' ora avverto per sempre, che qualunque sia questa causa che gli produce, è dessa ormai conosciuta sotto il nome di *fluido elettrico*.

PARTE I.

De' principali fenomeni elettrici.

Lo strofinamento, la comunicazione, il contatto e il calore sono i mezzi usati finquì per produrre i fenomeni elettrici; ed io ne parlerò secondo l'ordine delle scoperte.

CAP. I.

Dell' elettricità per via di strofinamento.

812. **L'** ambra gialla (377) sfregata di fresco compare in principio aver sola la virtù elettrica, ma poi

(377) Dall'ambra che in Greco si chiama *ελεκτρον*, ne son

si riconobbe anche nella tormalina, nel *jayet* (378) e in altre pietre preziose; e finalmente i Fisici la trovaron comune a molte altre sostanze benchè con della disegugnagianza e in modo diverso, come sono il vetro e tutte le sostanze vitree, tutte le resine ed i composti resinosi, lo zolfo, il legno secco in forno, tutte le materie bituminose, la cera, la seta, la lana, il cotone, l'aria secca, gli olj, le piume, i capelli, la carta, lo zucchero, gli ossidi metallici ec. Tutte queste sostanze per lo strofinamento elettrizzate, in un maggiore o minor grado ritengono il fluido elettrico come imprigionato fra le sue molecole, nè mai gli permettono di spandersi in una maniera sensibile sui corpi circonvicini: però si chiamano *cattivi conduttori*.

813. Al contrario i corpi che non si elettrizzano per lo strofinamento in una maniera sensibile, sommi-

derivati i nomi *elettricismo*, *elettricità*, *elettrico* ec. L'ambra gialla è un bitume indurito. I Prussiani la ricavano non solo dal fondo del mare rasente le spiagge ove vien trasportata dalle tempeste, ma anche da luoghi sotterranei nascosta fra dei snoli di vitriolo e di bitume. Essa forma una ricca Regalia del Re di Prussia.

(578) Chaptal che lo chiama anche *jay*, o *jays* secondo Dutens, gli dà il nome tecnico di *gagate* (o *pietra gagate*) e Dutens dice, che impropriamente vien anche chiamato *ambra nera*, *agata nera*, benchè lo distingua facilmente dalla vera agata nera la sua leggerezza, la sua opacità, e la proprietà che egli ha d'accendersi. Vedi Chaptal T. III. Sez. V. Art. 2, e Dutens, *Des Pierres précieuses* ch. 14. Bournon (*De la chaux carbonatée* pag. 70) pone il jayet nel secondo genere di carbon fossile: cioè, perchè il carbon fossile appartiene alla classe de' bitumi d'origine vegetabile, e questi appartengono o alle piante o agli alberi, il primo genere di carbon fossile (che è il più frequente) è dovuto a degli ammassi di piante; mentre il secondo genere è dovuto a ammassi d'alberi roversciati per avvenimenti particolari e locali, e poi restati sul posto che gli à veduti nascere, o trasportati è poi seppelliti da delle deposizioni terree e pae-rose.

mistrano al fluido elettrico un adito più o meno facile, lo trasmettono anche, ma esclusivamente, ai corpi della stessa specie che sono in contatto con loro; e si chiamano *buoni conduttori*. Tali sono tutti i metalli in generale, tutti i fluidi, se se n' eccettui l'aria e l'olio, i fluidi animali, il fumo, il vapore d'acqua bollente, la neve, il ghiaccio, il carbone, i sali metallici, la fiamma ec. (379).

814. Tuttavia non conosciamo corpo perfettamente cattivo o buon conduttore, perchè il fluido elettrico prova sempre una sorta di resistenza nei migliori conduttori, e una certa facilità a sfuggire o attraverso alla propria sostanza o lungo la superficie dei cattivi conduttori, onde è difficile fissare il limite che separa i buoni dai cattivi conduttori. La qual difficoltà aumenta col diventare i cattivi conduttori assai buoni per mezzo del calore e dell'umido; per es. il vetro

(379) Ad un tubo di vetro ben asciutto strofinato già con un pezzo di seta, avvicinando dei leggieri corpicciuoli per es. palline di sughero ec. ne vengon tosto prima attratti e poi rispinti. I corpi pel di cui strofinamento vien prodotta l'elettricità, diconsi *elettrici*, *non conduttori*, *cattivi conduttori* o *idie-elettrici*, e lo strofinamento de' corpi elettrici dicesi *eccitazione*: e diconsi *non elettrici*, *conduttori*, *buoni conduttori* o *an-elettrici*, i corpi il di cui stropicciamento non produce tali attrazioni e ripulsioni, come i metalli, l'acqua e tutti i corpi che ne contengono ec. Così 1.^o se un fil di seta o un bastone di vetro asciutto si sospendano ad un fusto di vetro, l'elettricità non ne vien punto trasmessa; 2.^o e se ad un cilindro metallico sostenuto da fili di seta o fusti di vetro si accosta un corpo elettrico eccitato, ogni parte del cilindro attrae e respinge i leggieri corpicciatoli.

Hauy (*mineralogie*) per conoscer le sostanze elettriche per frizione usa un piccol'ago di rame terminato ai due capi con due palle di rame, e posto su un pernio su cui possa muoversi facilmente; si frega il pezzo da sperimentare su del drappo, e si presenta a una delle due palle; la distanza a cui è attratto indica la forza d'elettricità.

moltissimo riscaldato, la resina fusa, il legno in ignizione, l'aria calda o umida, la carne cruda, le carni fresche somministrano al fluido elettrico un passaggio assai facile; a tutti questi daremo il nome di *semi-conduttori*. Un tale inconveniente ci obbliga alla cautela d'asciugare, seccare, e molto scaldare i corpi da elettrizzarsi per mezzo dello sfregamento, onde lor togliere l'umidità che gli rendeva *cattivi conduttori*. Anzi le stesse sostanze differentemente preparate, di cattivi conduttori diventan buoni e reciprosamente, secondo le differenti modificazioni che lor si fanno provare. Un ramo d'albero tagliato di fresco è un buon conduttore; seccato al fuoco divien cattivo; carbonizzato riprende il suo primo stato; ridotto in cenere perde di nuovo la virtù conduttrice: il che succede anche di altre sostanze, e forse non ve n'è alcuna che per via di certe combinazioni non passi da uno di questi stati all'altro. Si *isola* un corpo col circondarlo da tutte le parti di cattivi conduttori cioè di sostanze a cui esso non può trasmettere l'elettricità da cui è animato (380).

815. Alcune ricerche relative all'elettricità sviluppata per via di sfregamento condussero Dufay ad un risultato tanto più importante quanto più ha servito a posare le basi della scienza, a riconoscer le leggi che dominano i fenomeni d'attrazione e di ripulsione, e a

(380) Si isolano i corpi per circoscrivere l'elettricità e renderne permanenti gli effetti. Ma nè il confricatore nè il conduttore posson perfettamente isolarsi a motivo dell'umidità che sempre si trova nell'aria. Avvertite quì che se l'aria e l'apparecchio sono asciutissimi, e sono isolati lo strofinatore e il conduttore applicati ad un elettrico eccitato, poca o punta elettrica viene ad eccitarsi: dal che si conolude che la facoltà elettrica non esiste ne' corpi elettrici stessi, ma vien prodotta dalla Terra mediante l'eccitazione de' corpi elettrici. Ora un corpo elettrico contenuto fra superficie parallele comunque disposte, si nomina uno *strato elettrico*.

Tem. III.

spiegare le loro apparenti bizzarrie. Sospese che siano per mezzo di due fili di seta due pallottoline di midolla di sambuco alle estremità di un tubo di vetro ricurvo e guarnito al punto di sospensione di due sfere metalliche, stando le due pallottoline ad una piccola distanza fra loro, se si toccano i due punti di sospensione con un tubo di vetro elettrizzato per via di sfregamento, l'elettricità del vetro si comunica alle due pallottole che corrispondono ai due punti di sospensione, e le due pallottole si respingono; se si toccano i due punti di sospensione con un bastone di ceralacca elettrizzata similmente per via di sfregamento, ne avviene pure una repulsione fra le due pallottole: ma se si tocca un punto di sospensione col tubo di vetro e l'altro con la ceralacca, le due pallottole si attraggono e si vanno l'una con l'altra a incontrare. Una tale esperienza in un modo il meno equivoco ci attesta l'esistenza di due sorte d'elettricismo, che ammetton fra loro una differenza sensibile se non una specie di opposizione quanto agli effetti che esse producono. Ora Dufay chiama *elettricità vitrea* quella che viene eccitata dallo sfregamento del vetro, e *elettricità resinosa* quella che viene sviluppata dallo sfregamento della resina. Dipoi Franklin per delle ragioni che si vedran nel parlare della teoria dell'elettricismo (P. II.) chiamò la prima *elettricità positiva*, e la seconda *elettricità negativa*. Dove importa osservare, che *queste due elettricità van sempre insieme*, cioè che due corpi, uno almeno de' quali è cattivo conduttore, per via del loro sfregamento reciproco si costituiscon sempre in due stati diversi d'elettricità (381).

(381) Se il vetro e la cera di Spagna egualmente eccitati si applicano nel tempo stesso alle palline di sughero isolate, non viene ad esse comunicata elettricità di sorta alcuna. Onde dovrà dirsi che le due elettricità si con-

316. Ma poi la specie d' elettricità acquistata da un corpo per via di sfregamento, dipende talora da leggieri modificazioni fatte provare alla sua superficie; e talora dalla natura del confricatore. Sopra di ciò Cavallo (*Trattato d' elettricismo*. Firenze 1779 pag. 32 e 33) ha dato un quadro di risultati differenti in alcune parti dal mio che qui espongo. I. Acquista l' *elettricità vitrea* o *positiva* 1.° il pelo di gatto vivo sfregato con un vetro levigato o non levigato, con la ceralacca, con la cera bianca, in una parola con tutte le sostanze finora sperimentate; 2.° il vetro levigato sfregato comunque fuorchè col pelo di gatto e col mercurio; 3.° il vetro non levigato se si sfregghi con la cera bianca, o ceralacca; in una parola con qualunque materia resinosa (e tale io reputo ogni sostanza infiammabile e solubile esclusivamente negli olj, nell' alcool o nell' etere); 4.° la seta bianca strisciata con la seta nera. II. Acquista l' *elettricità resinosa* o *negativa* 1.° il vetro non levigato se si sfrega con del drappo, con della carta, con una mano, col pel di gatto ec.; 2.° la ceralacca sfregata con dischi isolati di rame, di zinco, d' argento; 3.° tutti i corpi resinosi qualunque sia il confricatore adoprato per svilupparla, purchè non sia una sostanza resinosa, perchè allora ciascun de' due corpi strisciati prende un' elettricità differente. A tali risultati mi han condotto esatte

traballanziano fra loro, e però in quest' esperienza se il vetro e la ceralacca non sono egualmente eccitati, alle palline verrà comunicata l' elettricità sovrabbondante e più forte, che è la differenza delle due. Si dee avvertire che le due elettricità vengon prodotte dal vetro e dalla ceralacca, come si rileva dal vedere 1.° elettricità resinosa nei corpi avvicinati a un tubo di vetro reso scabro e poi eccitato, 2.° elettricità vitrea in un fiasco di piuma applicato alla ceralacca eccitata, e toccato nel tempo stesso con un conduttore. Perciò si chiama *elettricità vitrea* quella che viene eccitata dal vetro liscio.

esperienza da me fatte e spesso da me ripetute con somma diligenza, perchè appunto discordano dai fatti pubblicati da Cavallo, e sono stati ricopiati di mano in mano con una cieca confidenza dai Fisici posteriori. Nelle scienze fisiche, in quelle soprattutto che come l'elettricità presentano una gran massa di fenomeni, è utile anzi necessario il ritornare sui propri passi, e gettare un occhio severo, sui fenomeni di un'origine un po' lontana per l'oggetto o di confermarne o di distruggerne l'esistenza; in una parola, è necessario sottoporre a nuove prove fatti ottenuti in un tempo, in cui gl'istrumenti usati per stabilirli non aveano ancor ricevuta, tutta la perfezione.

C A P. II.

Dell'elettricità per comunicazioni.

Finchè lo sfregamento era stato l'unico mezzo per produrre i fenomeni elettrici, non si videro che i fenomeni i più ordinarij: ma tostochè si imparò, che i corpi conduttori isolati e posti nella sfera d'attività de' corpi elettrizzati per via di sfregamento, acquistano per singolare influenza la virtù elettrica, venne ad aprirsi agli occhi de' Fisici un campo assai vasto con l'apparecchio imponente d'un gran numero di fenomeni sì per esercitare la sagacità del dotto che per aguzzare la curiosità del volgo.

A R T I C O L O I.

De' principali stramenti d' elettricismo.

817. *Macchina elettrica.* Le parti principali di questa macchina sono il cristallo, i conficatori, e il conduttore (382).

Il cristallo è un piano di cristallo ben unito, il quale si fa girar verticalmente per via d' un manubrio attaccato all' asse di ferre, che passa per il centro del cristallo: il di lui diametro esser deve proporzionale all' apparecchio; uno di 24^{pol.} di diametro può dare scintille a 6^{pol.} di distanza.

Il conficatore è destinato a far nascere l' elettricità nel cristallo: il consueto consiste in due cuscini di marrocchino rosso ripieni di crine, o meglio in cuscini di seta ripieni di crine con sopra un pezzo di pelle amalgamata che vi s' incrosta fortemente. L' amalgama dà più forza all' elettricismo nel vetro pulito, e probabilmente farebbe lo stesso ogni metallo sciolto nel mercurio; ma l' amalgama di cui ci serviamo è un composto di $\frac{2}{3}$ di mercurio e $\frac{1}{3}$ di stagno in verga, il tutto mescolato insieme finchè ne risulti una specie di pasta; sebbene sembra preferibile un amalgama di 1 parte di zinco e 5 di mercurio. I cuscini per esser buoni debbono, per quanto è possibile, adempire alle funzioni di un buon conduttore nella parte che tocca il cristallo quando si fa girare, affinchè prontamente vi si porti il fluido elettrico; e debbon' avere le qualità d' un cattivo conduttore nella sua parte opposta, affinchè il fluido elettrico accumulato sul vetro non refluisca per il dorso del cuscino; e per questo i cuscini di seta son preferibili a quelli di marrocchino.

(382) Fischer (l. c. sez. 6: §. 2 e 5).

Il conduttore è un cilindro metallico isolato guardato ad una sua estremità d'una o più punte, e destinato a ricevere immediatamente l'elettricità dal cristallo: per lo più è d'ottone, ma per minore spesa serve un cilindro di cartone coperto di foglie di stagno o di carta dorata. Sia però di qualunque materia e di qualunque forma, è essenziale toglierne gli angoli e le punte, osservando che se debbon farvisi delle cavità e aperture, siano le loro circonferenze rotondegiate e perfettamente lisce per le ragioni che si diranno. Il conduttore dee essere stabilmente fissato, nè sostenuto da corde di seta, ma bensì eretto sopra piedi di vetro, che si possan vestire d'una camicia di resina o di cera lacca.

818. *Elettroforo*. Wilk ha immaginato un'altra specie di macchina elettrica da lui chiamata *elettroforo*, perchè conserva per lungo tempo l'elettricità che se l'è data. Essa è composta di due piatti circolari di metallo, l'uno de' quali, chiamato la *schacciata*, è da una parte incamiciato di materia resinosa, e l'altro, chiamato *conduttore*, porta al suo centro una colonna di vetro che serve a isolarlo: i due piatti esser possono ancora di legno se sopra vi s'incollì una foglia di stagno (383).

819. *Condensatore*. Dobbiamo a Volta un altro strumento chiamato *condensatore*. Il 1.^o da lui immaginato consiste in un disco di marmo bianco, sul quale si pone un disco d'ottone isolato, per mezzo di un cilindro di vetro fissato nel di lui centro. I corpi che noi vogliamo spogliare d'una piccola dose d'elettricità, si fan comunicare col disco metallico, il quale la

(383) La scoperta dell'elettroforo mise in nuova aguzzie l'ipotesi Frankliniana di un solo fluido elettrico, come si rileva dalle belle esperienze fatte con l'elettroforo da Wilke, da Epino e dal P. Beccaria delle Scuole Pie in Torino.

ficava per comunicazione: e perchè il marmo bianco su cui riposa questo disco è semi-conduttore, cioè imperfettamente isolante, se più volte si va ripetendo l'operazione medesima, le piccole dosi d'elettricità via via somministrate al condensatore s'accumuleranno sulla superficie da esso presentata alla lord azione, in guisa da divenir sensibile se preso il disco metallico per il suo manico di vetro, si andrà a presentare al bottone dell'elettrometro.

Un 2.^o condensatore dovuto pure a Volta è destinato a render sensibile l'elettricità, che va sviluppandosi al contatto ripetuto di due metalli eterogenei. Questo consiste in un disco di legno di circa 1 pie. di diametro e 1 pol. di grossezza, il quale sulla sua superficie ben liscia è ricoperto di stoffa imbozzimato di uno strato di resina elastica, e ben teso sulla superficie del disco, e tenuto stretto da un cordone che passa per un canale fatto nella grossezza del disco: Indi su questo disco di legno così coperto e in comunicazione con la terra; si pone un disco d'ottone di un diametro minor del primo, e che resta isolato per mezzo di un cilindro di vetro fissato nel suo centro.

Un 3.^o condensatore pure di Volta è composto di due dischi d'ottone di 2 poll. di faggio; uno dei quali, chiamato collettore, si avvisa nel posto del bottone dell'elettrometro (§. 822), ed è nella sua superficie superiore intonato con un leggiero strato di vernice; su questo riposa l'altro disco, che nel centro di una sua superficie porta un fusto isolante, mentre l'altra superficie è rivestita ancor essa di un leggiero strato di vernice. Quest'apparecchio così disposto, si metta in contatto col collettore quel corpo che dee somministrargli piccole dosi d'elettricità, e nel tempo stesso si tocchi col dito il disco superiore: dopo un certo numero di tali contatti si levi l'ultimo disco per mezzo del suo manico isolante. Le fogliuzze o le pagliuzze dell'elettrometro allora si allontanano, e quindi si passa a determinare la specie d'elettricità per mezzo

d' un bastone di ceralacca elettrizzato per via di frizione. Si vedrà dipoi che il condensatore di marmo dee giustamente preferirsi al condensator resinoso.

820. *Boccia di Leida*. Si è dato tal nome ad una boccia di vetro in parte ripiena o guarnita di corpi conduttori, per es. d' acqua o di qualche sostanza metallica, mentre la sua superficie esterna è in parte guarnita di una foglia di metallo, per cui si tiene in mano nel far uso della boccia, comunicando finalmente l' esterna superficie con l' interna per via d' un buon conduttore, che è la verga metallica che attraversa il turacciolo della boccia, per cui l' interna superficie comunica col corpo che gli dà la virtù elettrica. Un fusto di metallo terminato da due piccole palle e rotto nel mezzo in modo da potersi avvicinare o allontanare fra loro le due braccia, dicesi *eccitatore*.

821. *Batteria elettrica*. Chiamasi così un numero più o meno grande di vasi di vetro guarniti dentro e fuori nelle lor parti inferiori di foglia di stagno, e posti in una cassetta di legno tutta foderata di foglia di stagno. Le capacità interne di essi comunicano fra loro per via di verghe metalliche, che tutte fan capo ad una palla e sono isolate sopra una colonna di vetro: le quali verghe son messe in comunicazione col conduttore della macchina elettrica per mezzo d' un' altra verga metallica. Si adatta poi ad uno dei minori lati della cassetta un pezzo d' ottone in forma di squadra, di cui una parte comunica immediatamente con la fodera di stagno della cassetta, e l' altra parte serve di sostegno alle sostanze da sperimentarsi. Quest' apparecchio s' elettrizza come la boccia di Leida, con averne gli effetti in ragion del numero e della capacità dei bicchieri (384).

(384) Il Marchese Cosimo Ridolfi lesse nell' Accademia delle Belle Arti in quest' anno 1815 una Memoria sulla batteria elettrica di sua invenzione, con cui si ottiene

822. *Elettrometro*. Finalmente dicesi *elettrometro* uno strumento da mostrarci la presenza e la forza dell'elettricità. Se ne han varj. 1.° Il primo che s'immaginò fu un fil di refe terminato da due pallottoline di midolla di sambuco o di sughero, le quali si toccano nell'esser sospese liberamente al conduttore, ma appena è questo elettrizzato, si allontanano; onde si giudica della forza dell'elettricità dall'arco che nell'allontanarsi descrivono. 2.° L'elettrometro di Henly è un semicircolo d'avorio retto da una colonnetta di legno (non seccato al foco) con esservi al centro un fuscello leggiero a guisa di pendolo, il quale s'allontana più o meno dalla colonna verticale secondo il grado di virtù elettrica de' corpi con cui comunica. 3.° Quello di Lana è una colonna di legno fissata al conduttore e attraversata da una vite di metallo terminata da una palla, la qual vite percorre $\frac{1}{2}$ ad ogni rivoluzione: l'energia dell'elettricità si misura dallo spazio che separa il conduttore dalla palla quando se ne tiran delle scintille. 4.° Quello di Cavallo è una specie di boccetta di vetro che ha per base una piastra e in cima una palla d'ottone, a cui son sospese per mezzo di due cernierine due piccolissime palle di midolla di sambuco. 5.° L'elettrometro di Volta (fig. 145) consiste in una boccia quadra A B di cristallo senza fondo per sostituirvi un fondo d'ottone, su cui si mestica la boccia: il suo collo *f* è munito di una ghiera d'ottone lavorata in modo da ricevere un piccol fusto, a cui son sospese a parallelismo per quanto si può due pagliuzze *pp*, mobili per mezzo di un anello di filo metallico sottilissimo, introdottovi per di sopra; e un lato della boccia presenta una graduazione *gg*. 6.° Quello di Bennet non differisce da quello di Volta che in questo, che

una carica 7 volte maggiore di quella delle batterie ordinarie.

alle pagliuzze sostituisce delle fogliuzze (o listrette) d' oro battuto , che sono quattro volte più mobili delle pagliuzze . 7.° Infine l' elettrometro di Coulomb , il più sensibil di tutti , si costruisce nel modo seguente . Alla fiamma di un lume si tira un filo di gomma lacca , della grossezza quasi d' un capello e lungo circa 1 poll. Un de' suoi capi è attaccato all' alto di un piccolo spillo senza capocchia , sospeso ad un fil di seta greggio quale si ha dal baco da seta : e all' altro capo del filo stesso di gomma lacca si fissa un piccol cerchio di carta dorata di circa 2¹/₂ di diametro . Ed ecco l' elettrometro ; che poi per difenderlo dalle correnti dell' aria si sospende dentro a un cilindro di vetro , sulla di cui superficie esteriore si disegna una graduazione . La sua sensibilità è tale , che una forza di $\frac{1}{10000}$ di grano caccia l' ago a più di 90° .

823. Ora per conoscere con l' elettrometro (di Volta e di Bennet) qual' è la specie d' elettricità che anima un corpo , si porta questo isolato al bottone dell' elettrometro , e le fogliuzze d' oro o le pagliuzze s' allontanano ; e allora al botton dell' elettrometro stesso si presenta un cannello di cera lacca elettrizzato per via di confricazione : ond' è che , se aumenta la lor divergenza , il corpo in questione ha la stessa elettricità della cera lacca , cioè negativa o resinosa ; e se scema , il corpo ha un' elettricità differente da quella della cera lacca , cioè un' elettricità vitrea o positiva .

Quando il corpo messo a prova produce una lieve divergenza nelle fogliuzze o pagliuzze dell' elettrometro , importa molto lo sfregar leggermente il cannello di cera lacca , e presentarlo con molta destrezza , cioè ad una distanza minore o maggiore secondo le circostanze dal botton dell' elettrometro . Poichè se vi si porta all' improvviso il cannello sfregato di cera lacca , non si rende sensibile il ravvicinamento delle fogliuzze quando l' elettricità del corpo sia diversa da quella della cera , perchè è seguito da un subi-

taneo e grand' allontanamento, che può indurre in errore chi non si sia familiarizzato con queste esperienze.

Nè è questo solo il difetto degli elettrometri a pagliuzze o a fogliuzze d'oro. Quando il corpo lor presentato sia animato da un' elettricità troppo forte, per es. resinosa, designata a comodo per R, le pagliuzze s' allontanano fino al punto d' andare a toccare le due foglie di stagno che son nell' interno dell' elettrometro; e allora se esse se ne separano nel mentre che l' elettrometro è tuttora nella sfera d' attività del corpo a prova, il fluido R di questo corpo scaccia nel serbatoio comune una parte del fluido R della pagliuzze, le quali così si trovano costituite in uno stato opposto di elettricità. E se al contrario, quando le due pagliuzze si son ravvicinate, il corpo elettrizzato dar potesse una scintilla al botton dell' elettrometro, le pagliuzze ed il corpo che si sperimenta avrebber la stessa specie d' elettricità. Dunque si vede, che nulla si può contare sui risultati avuti; e forse a ciò appunto dee attribuirsi l' inesattezza di alcune esperienze fatte già nell' infanzia dell' elettrometria.

Perciò non bisogna sfregar fortemente le sostanze molto elettrizzabili da sperimentarsi. Che se un corpo da sperimentarsi fosse dotato di un' elettricità considerabile, se ne determinerebbe la specie con elettrizzar prima le pagliuzze, per es. resinosamente; indi si presenterebbe al botton dell' elettrometro il corpo che si sperimenta ad una distanza considerabile; e il ravvicinamento o l' allontanamento delle pagliuzze, determinato dalla sua presenza, indicherebbe la specie d' elettricità che lo anima,

Dell' indebolimento della virtù elettrica.

824. Da gran tempo avevano i Fisici sospettato per pura analogia, che il fluido elettrico soffrisse, come la gravitazione e la luce (§. 204 e 653), un indebolimento proporzionato al quadrato della distanza. Coulomb convertì l'analogia in dimostrazione con l'uso della *bilancia elettrica*, da lui immaginata per fissar l'equilibrio fra una forza elettrica ed un'altra forza suscettibile di misura con la maggior precisione, cioè con la forza detta di *torsione*, che è lo sforzo che fa un filo già torto per storcersi da se onde tornare allo stato primiero. La forza di torsione aumenta con la torsione del filo, e Coulomb ha provato, che posto il resto eguale era proporzionale all'angolo di torsione, o al numero de' gradi che percorre un punto qualunque della superficie del filo mentre il filo si ravvolge intorno a se stesso. Quest'apparecchio è composto d'un gran castello cubico di vetro AB (fig. 146) la cui lastra superiore è in mezzo bucata per porvi il tubo di vetro M verticalmente, il quale sopra è terminato con un fornimento d'ottone *f* di più pezzi che si congegnano gli uni negli altri, con in cima una palla d'ottone attaccata ad un fusto mobile a sfregamento, e in fondo una morsetta che prende un filo sottile di metallo a cui è sospesa una leva leggerissima K, un braccio della quale è di un fil di seta vestito di gommalacca, e terminato da un piccol piano circolare di carta dorata *e*, mentre l'altro braccio è un piccol cilindro d'ottone lungo tanto quanto basti a tener la leva in una posizione orizzontale. Per torcere il filo per un certo numero di gradi, basta far girare un circolo d'ottone, che nel suo moto di rotazione strascina il fusto a cui è sospesa la leva, e si misura la quantità di torsione con la graduazione adattata al forni-

mento *f.* Nell'interno poi del castello e dirimpetto alla leva è fissata una palla d'ottone, che corrisponde al punto 0 della graduazione 1, 2 fatta su un lato del castello. Bisogna che nel momento dell'esperienza il circolo dorato si trovi in contatto con la palla d'ottone in guisa che il filo metallico sia libero da ogni torsione; e siccome la leva lasciata libera a se stessa di rado si trova nella posizione che dà il contatto dei due corpi, vi si riduce facilmente facendo girare il fusto a cui è sospeso il filo metallico, e allora il filo non prende che un moto di rivoluzione intorno al suo asse senza provare la più leggiera torsione.

Ecco ora l'esperienza che Coulomb fece nel 1785 davanti all'Accademia delle Scienze. Elettrizzò prima il cerchio dorato e la palla d'ottone per mezzo d'un piccolo conduttore carico d'elettricismo, introdotta nel castello per un'apertura fatta apposta nella lastra superiore: nell'istante la palla rispinnse il circolo alla distanza di 36° , ripulsione che obbligò a torcersi il filo metallico per un egual numero di gradi. Continuò Coulomb a torcerlo per 126° facendo girar la palla attaccata al fusto che teneva il filo sospeso. Ceda a questa seconda torsione la ripulsione della palla e del circolo, ravvicinandosi e fermandosi a 18° di distanza l'una dall'altra. Così nel primo saggio la palla e il circolo s'allontanarono per 36° , il che produsse nel tempo stesso una forza di torsione di 36° : nel secondo la distanza che separa la palla dal circolo è 18° ; ma essendosi torto il filo per 126° , ne segue che a una distanza di 18° la forza ripulsiva era 144° , e però essendo le distanze :: 2 : 1, le ripulsioni delle palle sono :: 1 : 4 cioè in ragion inversa de' quadrati delle distanze. L'esperienza ripetuta in differenti maniere diede a Coulomb lo stesso risultato, ed altre esperienze a questa analoghe gli fecero vedere, che anche le attrazioni elettriche seguono una tal legge (*Recueils academiques* an 1785 ec.).

825. Cavendish per misurar la densità della terra ha impiegato uno strumento consimile alla bilancia elettrica di Coulomb, menochè vi sono assai ingrandite le dimensioni dell'apparecchio; e invece del cilindro di circa 2 decim. di raggio vi si vede una gran camera ben chiusa e de' canocchiali che ne attraversan le mura per poter osservare i risultati dell'esperienza; e invece d'un ago sospeso a un fil di seta vi è una leva di circa 2 metri di lunghezza, che alle sue estremità porta una piccola palla di piombo e che per il suo mezzo è sospesa orizzontalmente ad un filo verticale. Essendo questa leva in riposo, si avvicina per fianco a ciascuna delle sue estremità una grossa massa di piombo di un dato peso e diametro. Allora l'attrazion delle masse sulle palle mette in moto la leva; il filo prova una torsione, e in vigore della sua tendenza a ricuperare il suo stato primiera fa descrivere alla leva dei piccoli archi orizzontali, come appunto l'attrazion della terra ne fa descriver de' verticali ad un pendolo qualunque. Quindi è che paragonando l'estensione e la durata di queste oscillazioni con quelle del pendolo, se ne conosce il rapporto delle lor cause cioè della forza attrattiva delle masse di piombo e di quella del globo terrestre. Le belle esperienze fatte con questa macchina da Cavendish (*Transact. philos.* an 1798. P. 2.^a pag. 469) lo hanno condotto a questo mirabil risultato: la densità media della terra è quasi $5\frac{1}{3}$ volte più grande di quella dell'acqua; quando le osservazioni di Maskeline fatte vicino ad una montagna della Scozia gli avean fatto concludere la densità media per la Terra esser $4\frac{1}{3}$ volte quella dell'acqua: diversità di risultati che impegnar deve i Fisici a tentar sopra ciò nuove esperienze con la somma esattezza.

ARTICOLO III.

Delle attrazioni e ripulsioni elettriche.

826. 1.° Sfregato che abbiate con la mano un tubo di vetro al punto d'elettrizzarlo sensibilmente, se lasciate cadervi sopra una fogliuzza metallica, della crusca, della penna minuta, o altro corpo leggerissimo, essi corpi saranno attratti e respinti subito dal tubo; e se s'inseguono col tubo scappan via con forza in una qualunque direzione; laddove se per istrada incontrano un corpo conduttore non elettrizzato, essi si spogliano in di lui favore dell'elettricismo, tosto ritornano al tubo, e quindi subitamente se n'allontanano in modo, che se fosser liberamente sospesi a un fil di seta fra il tubo e il corpo straniero, volterebbero a vicenda dall'uno all'altro. 2.° Sospesa che sia liberamente al conduttore una frangia di fili avvoltata sopra se stessa in forma di nappa, al girare del cristallo tutti i fili riuniti s'allontanano l'uno dall'altro ad una distanza tanto maggiore quant'è più forte l'elettricità. 3.° Sopra una lastra di metallo di 5 in 6 pol. di diametro, ponete dei pezzetti di foglia d'oro o delle figurine di sambueo alla distanza di 2^{pol.} al di sotto di una lastra simile sospesa al conduttore e però elettrizzata per mezzo suo; essi vengono subito attratti dalla lastra superiore e quindi respinti contro quelli di sotto, durando tal gioco finchè il conduttore resta elettrizzato: divien più graziosa l'esperienza se alle foglie d'oro si sostituiscono delle figurine dipinte su un foglio un po' grosso e ritagliate secondo i loro colori, mentre vengono a vicenda attratte e respinte dalla lastra di sopra, e sembra che danzino fra le due lastre. 4.° Se ad un fusto di metallo terminato a punta attaccato al conduttore presentate con le mani l'interno di un bicchiere, con cui poi coprite delle pallottoline di midolla di sam-

buco, esse salteranno per lungo tempo contro le di lui pareti interne. 5.° Ad una verga metallica attaccata al conduttore sospendete tre campanelli, due de' quali sian raccomandati ad una catena di metallo che scende dai capi della verga, e quel di mezzo vi sia attaccato con un fil di seta, con esser fra mezzo a loro, e non dentro, i due battaglini, avvertendo di fare scendere dal campanello di mezzo una catenella da comunicar con la terra. Girato appena il cristallo, essendo i due battaglini attratti dal campanello laterale corrispondente, lo percuotono, e dopo essendone rispinti percuotono quello di mezzo, e così si ha una specie di scampanio. 6.° Questi fenomeni di attrazioni e di ripulsioni elettriche diedero a Grey l'idea d'imprimere per mezzo dell'elettricità ad un corpo nel tempo stesso un moto ellittico e di rotazione. Sospendete al conduttore un anello di grosso fil d'ottone di circa 1^p. di diametro, e sotto ponetevi una lastra circolare di metallo sopra un candeliere in guisa, che possiate avvicinarlo all'anello quanto bisogni, affinchè le palle di vetro che debbon maneggiarsi non passino fra la lastra e l'anello; e sopra la lastra mettete una pallina vuota di vetro sottilissimo: messa questa a contatto con l'anello in un punto della sua circonferenza, se si elettrizza l'apparecchio, vedesi la pallina nel tempo stesso animata da un moto di rotazione e da un moto circolare di traslazione; e se l'esperienza si fa al bujo, la pallina apparisce luminosa in tutti i punti in cui successivamente tocca l'anello (385).

(385) V. *Dubbj* ec. Lett. 2.^a, opera interessante per le molte esperienze esatte eseguite dal P. Barletti delle Scuole Pie nell'Università di Pavia per l'oggetto di provare insussistente l'opinione Frankliniana di un solo fluido elettrico.

ARTICOLO IV.

Dei razzi e punti raggianti.

827. In qualsisia modo si elettrizzi un corpo, vi è un termine di saturazione al di là del quale è impossibile accumularvi il fluido elettrico; onde dacchè il conduttore è saturato d'elettricità, quella che gli somministra il cristallo, gli vien tolta dai corpi ambienti e specialmente dalle molecole aquee sparse nell'aria che circonda la macchina. In generale se l'apparecchio della macchina è ben fatto, i conduttori in ogni senso ben rotondeggianti, la lor superficie ben pulita, il fluido elettrico sovrabbondante si dissipa ma insensibilmente; che se il tempo è favorevolissimo all'elettricismo, e l'atmosfera è in uno stato di gran siccità, la dissipazione del fluido elettrico si manifesta con una specie di decrepitazione in certe parti del conduttore e particolarmente nell'anello montato alla sua estremità, ed è poi sensibilissima quando è seminata di scabrosità la superficie del conduttore, mentre il fluido elettrico si vede scappar via attraverso alle parti salienti sotto la forma d'un cono di luce che ha il nome di *razzo*. 1.° Attaccate a due conduttori una catena per le sue estremità, ed elettrizzate fortemente i conduttori. Le scabrosità che necessariamente si trovano sulla catena e l'inesattezza della congiunzione de' suoi anelli offrono al fluido elettrico, di cui son sovracarichi i conduttori, dei veicoli attraverso ai quali si manifesta la sua fuga: i razzi son sensibilissimi nell'oscurità, e si posson render più belli e più aperti presentando un corpo a qualche distanza dal luogo in cui appariacono. 2.° All'estremità del conduttore inviate un fusto metallico terminato a punta rotondeggiata, e ne vedrete escire un razzo luminoso, che meglio si osserva al bujo: ho il medesimo effetto tenendo in mano il fusto metal-

Tom. III.

11

lico mentre mi fo elettrizzare isolato che io sia. Che se la punta non è rotondeggiante, vi si vedrà solo un punto luminoso, a cui avvicinando la mano a qualche distanza si sente un' impressione come d' un venticello dell' odore del fosforo. 3.° Ma se tal punta rotondeggiante nel bujo e in qualche distanza presentasi al conduttore, il razzo convertesi in un piccolo punto luminoso. 4.° Isolate una punta sottilissima, o montatela al luogo dell' anello del conduttore per elettrizzarla, e adattatevi, come sopra un pernio, un fil di metallo coi suoi capi appuntati e ricurvi in senso opposto: elettrizzando nel bujo il filo e la punta, il filo metallico prende un moto retrogrado che fa vedere un circolo intero di luce.

A R T I C O L O V,

Delle punte.

828. 1.° Se al conduttore elettrizzato avvicinate una punta, egli perdendo tutto il fluido elettrico non dà più neppure una scintilla. Da ciò si ricava che *le punte sviano il fluido elettrico senza romore*, principio che ha dato origine ai *parafulmini*. Si fissa sul tetto d' un edificio una pertica incamiciata di resina o di vernice per renderla men permeabile al fluido elettrico e all' umidità con in cima un fusto metallico appuntato lungo circa 9^p il quale porti al fondo un grosso filo di metallo fin nel sen della terra umida. Nel passar sopra l' edificio una nuvola oraganosa la punta svia quiestamente quel fluido elettrico di cui è gravida, il quale per il fil di ferro va a perdersi per la terra. 2.° Isolate uno che tenga in mano un fusto metallico, terminato per un capo da una palla e per l' altro da una punta: non riceve fluido elettrico al presentar della palla in distanza di alcuni decimetri dal conduttore, al contrario di quando presenta la punta; onde le punte attraggono il fluido elettrico più da

lungi dei corpi rotondi. 3.° Al conduttore elettrizzato presentando una punta non ne trae scintilla, mentre l'avete presentandone molte; onde le punte a vicenda si pregiudicano, e non trasmettono il fluido elettrico con la stessa celerità (K').

ARTICOLO VI.

Delle scintille e combustioni.

829. 1.° Ad una piccola distanza da un conduttore elettrizzato presentandovi la congiuntura del vostro dito o un buon conduttore qualunque, voi ne avete delle vive scintille; il che non avrete, se vi presentate de' cattivi conduttori, o se i buoni presentati terminano a punta, o se toccano il conduttore elettrizzato. 2.° Isolando uno che abbia in mano una catena comunicante col conduttore elettrizzato, se gli presentate dovunque la congiuntura del vostro dito, ne avete delle scintille; e se sopra la di lui testa girate in alto la palma di vostra mano, si rizzeranno i di lui capelli, che nel bujo offriranno un fiocco luminoso. Posson moltiplicarsi le scintille con una serie di conduttori poco distanti gli uni dagli altri, l'ultimo de' quali comunichi col serbatoio comune dell'elettricità. La trasparenza del vetro offre così il mezzo d'illuminar delle figure e di scrivere a caratteri di fuoco. 3.° Su una lastra di vetro incollate delle foglie di stagno di forma quadra, in modo però che i loro angoli siano opposti e separati da un piccolo spazio: la prima e l'ultima delle foglie comunichino con due piccoli globi di metallo. Toccando uno di questi mentre presentasi l'altro al conduttore, si vede, meglio nel bujo, una serie di scintille, le quali riempion gli spazi che separano i piccoli quadrati. 4.° Ad un fusto che comunica col conduttore sospesa una palla metallica, se al di sotto di essa presentate dell'etere, subito la scintilla che parte dalla palla

accende il liquido; effetto che può aversi coll'avvicinar che faccia uno isolato il suo dito all'etere tenuto da uno non isolato, o viceversa. L'alcool un poco prima riscaldato e un moccolo spento d'allora fanno lo stesso.

830. Nel Giornale di Fisica il Sig. Nelis sotto il velo di *Anonimo* ha pubblicata una bella serie di esperienze sopra i cannoni d'acciajo o di ferro esposti all'esplosione elettrica: ed è giunto a spaccare un cilindro d'acciajo di circa 20 millimetri di raggio con una batteria di 30 metri in superficie con 70 esplosioni. Pensa egli che la gran forza d'esplosione necessaria a produrre un tal effetto proviene dallo stato aeriforme, che il fluido elettrico dà alla piccola lama di piombo, che conduce questo fluido nell'acqua di cui è ripieno il cilindro. Mi dispiace che i limiti ristretti di quest'Opera m'impediscano di descrivere molte altre esperienze interessanti fatte da questo Fisico sagace e modesto.

A R T I C O L O VII.

Delle scosse elettriche.

831. 1.° Afferrate con una mano la fasciatura esterna della boccia di Leida, e presentate al conduttore elettrizzato la sua pallina toccandola intanto con l'altra mano: voi provate una scossa, il cui grado di forza dipende dalla carica della boccia e dalla vostra sensibilità; scossa che fa sentirsi nel tempo stesso da più persone che si tengono per la mano, la prima delle quali tocchi o comunichi con l'esterna superficie della boccia, mentre l'ultima accosti il dito alla palla di essa. 2.° Ciò mostra esser inconcepibile la velocità del fluido elettrico: in fatti lungo le mura d'una stanza tirando un fil di ferro a cui siano a differenti distanze attaccate delle pistole di Volta cariche di gas idrogeno e ossigeno nel rapporto di 3; 2, se un capo del filo

comunichi con la superficie esterna della boccia e l'altro tocchi la palla, tosto s'infiammano i gas scaricando le pistole e lanciando violentemente i loro turaccioli nell'istante medesimo. E quì si noti che si carica la boccia di Leida anche col tenerla per la palla e col presentare al conduttore la fasciatura esteriore. Anzi si ha lo stesso effetto di scosse con un quadrato di vetro o cristallo, detto *quadro magico*, su cui siano incollate due foglie di stagno, una per faccia, lasciandone scoperto per 15^l di larghezza, se sulla tavola e al di sotto del vetro posta una catena tirata fino in terra, serbatoio universale messo così in comunicazione con la superficie inferiore del vetro, e sulla superiore applicato un fusto di metallo comunicante col conduttore elettrizzato, si tocchi nel tempo stesso la catena e la superior superficie o il conduttore. 3.° Preso un gran bicchiere con le due superficie foderate di stagno sino a 19^l presso agli orli, se si cinge con una catena condotta al suolo, e si pone nell'interno un fusto metallico comunicante col conduttore elettrizzato, si sente una forte scossa, per evitar la quale si fa uso dell'eccitatore, o si prende il capo della catena che si presenta al conduttore. La batteria elettrica fa lo stesso con un'energia, che aumenta in ragion del numero e della capacità de' bicchieri. 4.° Ponete una boccia carica dietro alla porta del vostro appartamento in modo, che l'uncinetto sia vicino ad una piccola leva che termina al capo inferiore della chiave. Sospendedete all'uncinetto che resta al fondo della boccia, un fil di ferro che passi al di fuori per di sotto la porta e che vada presso ad altri fili nascosti destramente sotto della paglia. Chi vuol entrare comunica colla superficie esterna della boccia per mezzo dei fili di ferro, che senza avvedersene egli pesta, e colla superficie interna per mezzo della leva che colpisce l'uncinetto quando egli gira la chiave. Così egli riceve una scossa improvvisa con molta sorpresa. 5.° Se isolate la boccia di Leida che comunichi col conduttore

elettrizzato, e l'alzate sopra una lastra di vetro o un qualunque cattivo conduttore, non risentirete scossa, nè avrete scintille se l'aria è secca; il che prova che una boccia s'elettrizza quando la sua superficie esteriore comunica con de'corpi conduttori. 6.° Sospesa poi una boccia al conduttore, ed una seconda al fusto mesticato nel fondo della prima, se al fondo della seconda attaccate una catena che vada al suolo, le due boccie s'elettrizzano e danno la scossa. 7.° Caricate due boccie di Leida, che poi porrete ad una certa distanza fra loro; applicate una palla dell'eccitatore alla fasciatura esterna di una di esse, mentre presentate l'altra al fusto o al bottone della seconda: non dà scintilla; ma dà uno scoppio, se con una catena ponete la comunicazione fra le superficie esterne delle due boccie. 8.° Inviluppata che abbiate una palla dell'eccitatore con cotone e colofonio (386), se con esso scaricate la boccia, il cotone subito prende fuoco. 9.° Fatta passar la scintilla d'un bicchierone foderato di stagnola ed elettrizzato, a traverso ad un quaderno di carta che ne tocchi la foderatura esterna, restan subito forati i fogli e si sente un odore di fosforo (387).

(386) Il colofonio è la materia resinosa che resta dopo che se n'è estratto per mezzo della distillazione tutto ciò che vi è d'olio leggiero nella trementina, ed ha la proprietà dell'altre resine. Il buono deve esser chiarissimo nè deve impaniare le dita, ed è infiammabilissimo.

(387) Attraversa la scintilla anche una lastra di vetro sottile con gran romore senza romperlo e con lasciarvi un foro piccolissimo. Ed un romore fortissimo si sente se si scarica la batteria elettrica con avvicinare alla superficie dell'acqua i due bottoni dell'eccitatore o scaricatore di Henley (Fischer, l. c. pag. 284), già distanti fra loro 5 in 6 poll.; con questo di più che se nell'atto della scarica si tiene un dito nell'acqua, se ne risente una scossa: onde dovrà dirsi che ne favorisce la scarica il vapore dell'acqua. Anzi se nell'acqua si mettono i bottoni dello scaricatore poco discosti fra loro, nell'acqua comparisce

10.° Ponete una foglia d'oro fra due cristalli serrati fra due legni in modo, che un'estremità della foglia sia a contatto con la fasciatura esterna della batteria elettrica, e l'altra comunichi con un fusto dell'eccitatore: la scintilla riduce l'oro in polvere, che s'incrosta sul vetro; dal che si ha il mezzo onde scolpire una figura tagliuzzata, se si ponga fra due carte applicate sui cristalli e si copra di foglia d'oro. 11.° Ponete un fil di ferro sottilissimo fra due punte rotondeggiate, in modo che l'estremità della prima tocchi la fasciatura esterna della batteria mentre l'altra è a contatto con un braccio dell'eccitatore: fatta passar la scintilla attraverso delle punte, il fil di ferro si fonde in piccoli globetti neri. 12.° Attaccate un uccello sul fusto di comunicazione fra il conduttore e la superficie interna della batteria, che caricherete fortemente; quindi portate una palla dell'eccitatore sulla fasciatura esterna della batteria, e l'altra sulla testa dell'animale: egli risente una scossa sì violenta, che ne muore (388).

la scintilla fra messo ai bottoni con un movimento sensibile dell'acqua.

(388) Parecchie miglia della superficie terrestre, grandi estensioni di acqua ec. hanno formato talora il circuito elettrico, e la scarica attraverso tutte è stata istantanea (Atwood, *Fisica sperimentale* sez. 3. esper. 24). Infatti De Luc nel 1749 fece sentir l'effetto dell'esperienza di Leida a traverso il Rodano e di tutte le fontane da esso dipendenti cioè ad una distanza di 200 tese, con la curiosa circostanza di far sentire nell'atto di tirar la scintilla dal fil di ferro che partiva dal conduttore della macchina, una scossa nelle gambe di chi passeggiava per la strada dove il pavimento era umido dall'acqua delle fontane. Sauvages dice che il fluido elettrico è 36 volte più veloce del suono (n. 221).

ARTICOLO VIII.

Elettricità nel vuoto.

832. L'aria è un cattivo conduttore, mentre quando è secca resiste molto al passaggio del fluido elettrico; il quale tolto simile ostacolo si muove con la maggior libertà presentando bellissimi fenomeni. Un tubo di vetro ben purgato d'aria e terminato da una ghiera di metallo rotondeggiata, si riempie di una luce porporina appena si presenta la ghiera al conduttore elettrizzato. Un vaso di oristallo purgato d'aria in cui penetri un fusto metallico, ci fa vedere un cono di luce porporina, il cui vertice è al fusto metallico e la base s'allarga verso il fondo quando si trae la scintilla dalla fasciatura interna del vaso. Si posson modificar questi fenomeni modificandone l'apparecchio, ed aver delle cascate luminose de' getti di fuoco, de' fuochi intreccianti in varj modi nell'atto della loro eruzione ec. Caricaté una boccia di Leida per il suo bottone, che poi toglierete per mezzo d'un bastone di cera lacca: posta che abbiate la boccia così caricata sotto il recipiente della macchina pneumatica dove voi fate subito il vuoto, vedrete il fluido elettrico escire in abbondanza dal collo della boccia, e dividersi in più getti, i quali si curvano per portarsi alla superficie esterna della boccia. E se voi caricate la boccia per la pancia con metterla alla stessa prova, vedrete il fluido elettrico slanciarsi dalla sua superficie esterna per via di getti; i quali curvandosi vanno a precipitarsi sul collo della boccia.

ARTICOLO IX.

Dell'elettricità per la vegetazione e per l'economia animale .

833. 1.^o Presi due bicchieri eguali e pienj del medesimo liquido, ed elettrizzandone uno, il liquido che questo contiene, svapora più presto di quel del vaso non elettrizzato. 2.^o Suspendete al conduttore un vaso metallico pieno d'acqua con più orifizj nel fondo, a ognun de' quali sia adattato un tubo capillare. L'acqua che nel suo stato naturale esce lentamente, scorre più rapidamente dacchè si elettrizza, e si scaglia a forma di getti divergenti ad una gran distanza. Dunque l'elettricità accelera l'evaporazione de' liquidi, e favorisce il loro sgorgo da' tubi capillari. Quindi Mimbray sospettò, che l'elettricità favorisse la vegetazione con accelerare la circolazione de' sughi destinati alla vita de' vegetabili, e nel 1746 lo provò in due mirti elettrizzati, i quali vegetaron più presto di altri della stessa specie ed età lasciati nello stato naturale, e lo provarono poi Lallabert, Nollet, Bertholon ec.: la germinazion de' grani divien più pronta per l'elettricismo, e più rapida ancora si è veduta la vegetazione delle cipolle e de' giacinti dentro a vasi pieni d'acqua ed elettrizzati. Anzi Nollet con altri credè, benchè allora senza successo, che si potesse applicare l'elettricismo all'economia animale, e in specialtà rendere il moto alle membra paralizzate. Più felici in ciò i medici Italiani, hanno veduto esser l'elettricismo utile ai reumi, paralisie ec., alle malattie cioè che nascono da stupidità delle parti e da ristagno d'umori.

C A P. III.

Dell' elettricità per semplice contatto.

834. È moderna la scoperta dell' elettricità per contatto, mentre è stato Volta che ha riconosciuto questa singolar proprietà nei metalli eterogenei con poi destramente servirsene per la spiegazione de' fenomeni della pila.

835. Anche le sostanze resinose s' elettrizzano per contatto con tutti i corpi della natura: la qual nuova proprietà posa sopra un gran numero d' esperienze, che io diligentemente descriverò e della cui esattezza io mi faccio garante. Si vedrà che la sua esistenza si mostra sempre con i caratteri della certezza, ed ha per compagnia de' fenomeni contrarj e delle opinioni generalmente accreditate egli è vero, ma che son nate in un tempo in cui l' elettrometria era ancor nell' infanzia.

A R T I C O L O I.

Elettricità per il contatto di due metalli eterogenei.

836. 1.° Messi che siano in contatto immediato due metalli differenti, isolati, e che abbian la sola dose d' elettricismo a lor conveniente nello stato naturale, se si ritirano dal contatto, si trovano in due stati elettrici differenti, cioè l' uno ha l' elettricità vitrea o positiva e l' altro la resinosa o negativa. Ad ogni contatto la differenza è insensibile; ma quando si accumula in un condensatore elettrico, ella diviene assai potente da fare allontanar molto sensibilmente l' elettrometro. Dee bensì osservarsi che quest' azione ha soltanto luogo al contatto dei diversi metalli e non mai ad una distanza: e sussiste finchè dura il con-

tatto. Ciò non succede in tutti i metalli egualmente; nel contatto dello zinco col rame, argento ecc. mentre questi acquistano l'elettricità resinosa, lo zinco prende la vitrea. 2.° Dopo aver formato una lama metallica con due metalli per es. zinco e rame, saldati insieme, prendasi fra i diti il capo della lama che è di zinco, e con l'altro capo che è di rame si tocchi il piatto superiore del condensatore che pure è di rame; questo acquista l'elettricità resinosa. 3.° Tutto stando come qui sopra prendasi fra le dita il capo di rame, e con l'altro capo di zinco tocchisi il piatto superiore del condensatore che è di rame; quando si distogga il contatto e si levi il piatto superiore, non ha esso acquistato elettricità alcuna, benchè il piatto inferiore comunichi col comune serbatoio. 4.° Fra il piatto superiore del condensatore e il capo zinco pongasi un foglio insuppato d'acqua pura, o qualunque altro conduttore umido; il conduttore acquista l'elettricità resinosa, se col capo rame si tocchi il piatto ricoperto dal conduttore umido nell'atto di tener fra le dita il capo zinco.

A R T I C O L O II.

Dell' elettricità per il contatto de' corpi resinosi con le sostanze metalliche.

837. 1.° Sopra un disco di legno ricoperto di taffetà inverniciato di resina elastica (γ) e di un raggio di circa $5\frac{1}{2}$ poll. ho posto un disco d'ottone di circa $2\frac{1}{2}$ di peso e di circa 3 pol. di raggio, e l'ho isolato per mezzo di un cilindro di vetro fissato nel

(γ) Ovvero *gomma elastica*, nome improprio, perchè questa sostanza è infiammabile, insolubile nell'acqua e solubile nell'etere e negli olj, caratteri tutti delle resine. A.

suo centro. In principio i due dischi, ~~eran~~ nello stato naturale, cioè non davano all'elettrometro il più sensibile alcun contrassegno d'elettricità, usando ogni precauzione per non far loro provare la minima confricazione nel sovrapporli. Un momento dopo ho preso il disco di rame per il suo manico di vetro, e l'ho portato sul bottone dell'elettrometro di Bennet: considerabile è stato lo slontanamento delle fogliuzze d'oro. Allora presentai al botton medesimo un cannello di cera lacca elettrizzato per confricazione; e si aumentò la divergenza delle fogliuzze. Dunque il disco d'ottone godeva l'elettricità resinosa o negativa. 2.° Per assicurarmi che il taffetà aveva acquistato l'elettricità vitrea o positiva, posi sul disco di legno ricoperto di taffetà resinoso e isolato, il disco di rame che io ritirai dopo alcuni istanti di contatto: feci comunicare il taffetà resinoso con l'elettrometro per mezzo di un lungo filo d'argento attaccato per un capo al suo bottone, mentre con l'altro capo giratolo a spirale veniva a toccare differenti punti del taffetà resinoso. Si allontanarono assai le foglie d'oro, ed il loro pronto ravvicinamento, determinato dalla presenza d'un bastone di cera lacca confricato, mi annunziò nel modo il meno equivoco l'esistenza dell'elettricità positiva. È vano l'avvertire che prima dell'esperienza furon rimessi nel loro stato naturale i due dischi, il metallico e quel di legno ricoperto di taffetà resinoso. 3.° Al disco d'ottone avendone sostituito uno di zinco del peso di circa 6 onc. e di circa $1\frac{1}{2}$ pol. di raggio con isolarlo per mezzo d'un cilindro di vetro fissato nel suo centro, lo posi sul taffetà resinoso con favorirne il contatto per via di una leggiera pressione. Ritirato in un tratto dal contatto e presentato all'elettrometro di Bennet, vi si manifestò l'elettricità resinosa per mezzo di una gran divergenza delle foglie dell'elettrometro. 4.° La fig. 147 rappresenti due dischi isolati nel medesimo asse di vetro con essere il disco inferiore C di rame e il

superiore Z di zinco, e con averè lo stesso diametro, menochè Z nei punti a e b presenta un labbro che sporge in fuori. Questa coppia unita a contatto riposa su del taffetà resinoso in modo, che la superficie inferiore del disco di rame sia applicata sulla resina e la superiore sullo zinco. Ritiratane in un tratto dal contatto, già favorito con una leggiera pressione, se ne hanno de' segni simili d' elettricità resinosa o che si presenti al botton dell' elettrometro la superficie inferiore del disco di rame o che se gli presenti il labbro del disco di zinco. Tale esperienza prova, che i corpi resinosi esercitan sui metalli che toccano un' azione *elettromotrice*, assai più potente di quella che i metalli in contatto esercitan gli uni sugli altri. 5.° Furon nel tempo stesso posati sopra del taffetà resinoso ad una distanza fra loro di circa 3 poll. due dischi di egual peso e raggio di circa $1\frac{1}{2}$ poll., l' uno di zinco e l' altro di rame. Un momento dopo presi per il suo manico di vetro il disco di zinco, e lo presentai al bottone dell' elettrometro di Coulomb. Il piccol disco di carta dorata fece 218° della graduazione, e si fissò poi a 118° . Preso poi il disco di rame che riposava sul taffetà resinoso e portatolo sul medesimo bottone, il piccol disco dorato già rimesso a 0 e perfettamente diseletttrizzato percorse 220° e fissossi a 150° della graduazione. 6.° Un disco d' argento isolato e di circa $\frac{1}{2}$ poll. di raggio, mediante il suo contatto col taffetà resinoso acquistò pure l' elettricità resinosa; e presentato all' elettrometro di Coulomb fece scorrere al piccol disco dorato 60° e si fissò a 48° . Non vi si produce elettricismo se fra rame e rame si ponga dello zinco, al contrario di quando si metta fra rame e rame del taffetà resinoso. 7.° Sopra un disco di rame isolato e ricoperto di taffetà resinoso posi sopra un disco di rame un altro simil disco di rame, che quasi subito ritirai dal contatto per mezzo del suo manico di vetro per presentarlo al bottone dell' elettrometro di Bennet. L' allontanamento

considerabile delle foglie d'oro e il loro improvviso ravvicinamento determinato dalla presenza d'un cilindro di vetro confricato, mi annunziò l'esistenza dell'elettricità resinosa.

838. Ora tutti questi risultati offrono una differenza e anche una specie d'opposizione, che però non dee punto sorprenderci; perchè nasce dall'esser lo zinco un buono, e il taffetà resinoso un cattivo conduttore del fluido elettrico. Poichè ogni superficie del taffetà resinoso posto fra i dischi metallici agisce su quella che essa tocca, e dee esser' efficace questa azione elettromotrice precisamente perchè il taffetà resinoso è cattivo conduttore: come per convincersene basta osservare, che in virtù della facoltà non conduttrice le due superficie resinose debbon conservare le elettricità acquistate, e che però esse agiscono come se fossero isolate senza perdere il contatto della sostanza metallica. Tutte queste esperienze sono state eseguite con del taffetà coperto di uno strato di resina elastica: e le ho ripetute con servirmi delle seguenti sostanze resinose; 1.° *tela incerata* così volgarmente detta, che non è altro che tela coperta di uno strato di resina ordinaria sciolta nell'olio; 2.° taffetà coperto di uno strato di cera bianca; 3.° taffetà coperto di ciò che realmente dicesi *resina*; 4.° taffetà coperto di uno strato di cera lacca: le quali due ultime sostanze preventivamente erano state disciolte nell'acqua. In tali esperienze il risultato è stato sempre lo stesso in quanto alla specie d'elettricità, cioè un disco metallico posto su della tela incerata o su del taffetà coperto di una cera qualunque, ha acquistato l'elettricità resinosa o negativa, e quindi la sostanza resinosa impiegata ha ricevuto la vitrea o positiva. E l'effetto ne è tanto maggiore quanto più si favorisce il contatto con la pressione, e più favorevole è il tempo all'elettricismo. Quanto poi all'intensità d'azione elettromotrice esercitata sui metalli da queste differenti sostanze resinose, non

È mai la medesima. Il taffetà intonacato di resina elastica esercita un'azione più potente della tela incerata, e questa più del taffetà inverniciato di cera lacca, accade che una tal differenza d'effetti dipenda dalla differente qualità delle resine, o che, come sospetto non senza ragione, nasca dalla natura del dissolvente.

ARTICOLO III.

Dell'elettricità per contatto de' corpi resinosi con le sostanze vitree e calcarie.

839. I.^o Sopra del taffetà resinoso fu posto, favorendone la pressione col contatto, un disco di vetro ben levigato di circa 1 poll. di raggio, e isolato per mezzo di un bastone di cera lacca: subito ritirato dal contatto e presentato all'elettrometro di Coulomb fece percorrere 90° al disco dorato, che dopo alcune oscillazioni si fermò a 56° ; e l'elettricità era negativa. Ma sopra del taffetà resinoso posto un disco d'agata di $\frac{1}{2}$ poll. di raggio, e poi presentato al medesimo elettrometro, fece percorrere al disco dorato 166° , che si fissò a 88° ; e l'elettricità era del pari resinosa. II.^o Dischi di cristallo di rocca, di diaspro, di marmo nero, d'alabastro, di circa $\frac{1}{2}$ poll. di raggio e isolati, con lo stesso mezzo hanno acquistato l'elettricità negativa. Ma presentati successivamente all'elettrometro di Coulomb

il cristallo di rocca	$\left. \begin{array}{l} \text{ha fatto percorrere} \\ \text{al disco dorato} \end{array} \right\}$	60°	$\left. \begin{array}{l} \text{e il disco dorato} \\ \text{si è fissato a} \end{array} \right\}$	40°
il diaspro		115		80
il marmo nero		210		110
l'alabastro		196		82

Qui si noti che tanto questa quanto l'esperienza dell'artic. precedente furon fatte con essere il termometro di Reaumur (scala centigrada) a 16° , e l'igrometro di Saussure a 85° .

840. Dunque ecco un mezzo finora ignoto d'elettrizzar sempre positivamente le sostanze resinose, d'elettrizzar sempre negativamente il vetro levigato, le sostanze silicee, calcarie, metalliche ec. L'istrumento a ciò destinato io lo chiamo *elettromotore resinoso*, composto 1.° di un disco di legno con ricoprirne la sua faccia superiore di una o più (che è meglio) copertine di taffetà resinoso, 2.° di un disco di vetro, di metallo, d'agata, di marmo ec. ec., isolato per mezzo di un cilindro di cera lacca o di vetro a tenore delle circostanze, e fissato nel centro d'ogni disco. E ho detto di una o più (che è meglio) copertine di taffetà resinoso, perchè l'esperienza mi ha insegnato, che la forza dell'elettricismo e la prontezza del suo involuppo cresce col numero delle copertine.

A R T I C O L O I V .

Dell'elettricità per contatto de' corpi resinosi con le sostanze animali e vegetabili.

841. I.° Al bottone dell'elettrometro di Bennet avuto un disco di rame ben levigato e non inverniciato, disco che io ricopro di taffetà da ambedue le parti, ammannito con uno strato di resina elastica; e applico sul taffetà la mia mano con favorirne il contatto mediante la pressione. Appena ritiro dal contatto la mia mano, le foglie dell'elettrometro si allontanano di molto con manifestare un'elettricità positiva. Ma ritornate che sieno al primo lor posto le foglie d'oro, io tolgo il taffetà che ricopre il disco di rame; sebbene le foglie d'oro si allontanin di nuovo, pure l'elettricità è negativa. È chiaro che qui ogni faccia del taffetà resinoso agisce, l'una sulla mia mano e l'altra sul disco di rame: in virtù della quale azione elettromotrice le due faccie del taffetà acquistano l'elettricità positiva mentre il disco di rame e la mia mano ricevon l'elettricità negativa.

Appena ritiro la mia mano dal contatto, l'elettricità positiva del taffetà resinoso dee manifestarsi mediante la divergenza delle foglie dell'elettrometro, e mediante il loro ravvicinamento all'accostarvi un canello di cera lacca soffregato. Quindi, se levo il taffetà che ricopre il disco di rame, l'elettricità del disco è quella che si rende sensibile all'elettrometro, ed è elettricità negativa. E sarà lo stesso, se alla mano sostituisco una qualunque sostanza animale. Il successo dell'esperienza sarà tanto più forte, quanto più perfetta sarà l'applicazione delle superficie. Per es. la coperta d'un libro rilegato o una pelle d'animale qualunque bene stesa, è più propria a queste esperienze di quel che sia la mano stessa, che per la sua forma non si presta facilmente a moltiplicare i punti di contatto. II.° Stando come adesso l'apparecchio, sul taffetà resinoso che ricopre il disco di rame applico un disco di legno ben levigato con favorirne il contatto mediante una leggiera pressione. Appena ritiro dal contatto il disco di legno, si allontanano le foglie dell'elettrometro, e l'elettricità è positiva: e se quindi levo il taffetà resinoso che ricopre il disco metallico, le foglie d'oro provano una nuova divergenza, e l'elettricità è negativa. Si otterrebbe lo stesso, se al disco di legno si sostituisse un disco di sughero o una sostanza qualunque vegetabile.

ARTICOLO V.

Spiegazione de' fenomeni antecedenti.

842. Non veggio che tre cause che possano influire sui fenomeni veduti nei tre Articoli precedenti, cioè il contatto, la confricazione e la pressione. Quanto alla confricazione ho già detto, che qui si tratta di una semplice sovrapposizione fatta con tutte le possibili precauzioni. Del resto l'esperienze che seguono dimostrano a tutto rigore, che la confricazione non ha

per nulla contribuito allo sviluppo dell' elettricismo.

1.^o Preso un disco di vetro ben levigato, e isolatolo lo poso su del taffetà resinoso aiutandone il contatto con la pressione: l' elettricità che palesa in presenza all' elettrometro, è resinosa, ed è vitrea quella del taffetà. Questo medesimo disco, rimesso al suo stato naturale, lo faccio strisciare sulla superficie del taffetà resinoso; vi si produce dell' elettricità, ma il taffetà ha acquistato l' elettricità resinosa, e il disco di vetro l' elettricità vitrea: risultato affatto contrario a quello che fa nascere il contatto senza confrazione.

2.^o Al bottone dell' elettrometro di Bennet avvito un disco metallico, che ricopra di taffetà annunzito con della resina elastica. Se applico la mia mano sul taffetà con facilitarne il contatto mediante la pressione, appena la ritiro dal contatto, l' elettricità vitrea del taffetà si palesa nel modo il meno equivoco come già abbiain veduto. Ma se in vece d' applicar la mia mano sul taffetà la faccio strisciare sulla sua superficie, appena la ritiro l' elettricità resinosa del taffetà si fa sensibile all' elettrometro. Si ha lo stesso se alla mano sostituisco un disco metallico, o uno di legno o uno di sughero in una parola di una materia qualunque levigata. Una tale opposizione di effetti presentataci da un disco di vetro, di marmo, di metallo ec. secondo che si mette solamente in contatto con del taffetà resinoso o che si fa strisciare sulla sua superficie, sembra annunziare una specie di bizzarria della natura, che facilmente giustificheremo quando esporremo la teoria dell' elettricismo.

3.^o Per valutare l' influenza della pressione sopra simili fenomeni, ho attaccato al cilindro di vetro fissato nel centro del disco di rame servito sopra (Artic. II.^o 1.^o) il capo d' un cordone di seta, che gira su una puleggia fissa; all' altro capo del quale erano attaccati dei pesi che facevano equilibrio col disco metallico, mentre il disco di legno ricoperto di taffetà resinoso era sostenuto sotto il disco metallico da uno sgabello co' piedi di vetro.

Tutto essendo così disposto ho aggiunto un piccol peso di rame, per cui si è retto l'equilibrio, ed è venuto a determinarsi il suo contatto col taffetà resinoso, con essersi così diminuita assai la pressione. In tale stato è rimasto l'apparecchio per due ore, e dopo questo tempo il disco metallico presentato al bottone dell'elettrometro di Bennet ha prodotto nelle foglie d'oro, una divergenza sensibile, sebbene minore assai di quella che fa nascere il contatto istantaneo favorito dalla pressione. Pertanto non vi è dubbio, che la pressione contribuisca allo sviluppo dell'elettricismo, il che non deve sorprenderci perchè almeno fino a un certo termine il numero dei punti di contatto crescer deve in ragione della pressione.

843. Paragonando i diversi fenomeni ora descritti con quelli che ci ha trasmessi il Sig. Volta rapporto all'elettricismo sviluppato per il semplice contatto, si vede che i metalli provano un'azione elettromotrice per parte dello zinco, il più combustibile di tutti, il quale è esso pur sottomesso a quella delle sostanze più combustibili di lui come sono le sostanze resinose: il che sembra annunziare che la natura ha dato ai corpi combustibili maggior attrazione per il fluido elettrico che agli altri corpi naturali. Dall'altra parte sappiamo, che le sostanze combustibili rifrangono, e perciò attraggono con maggiore o minor forza il fluido luminoso secondo che godono d'una maggiore o minore combustibilità. Perciò abbiám qui de' nuovi punti d'analogia fra il fluido elettrico e il fluido luminoso, i quali mi sembrano proprj a confermar l'opinione dei Fisici che pensano, che il fluido elettrico, il calorico, il fluido magnetico ec. non son altro che il fluido luminoso modificato differentemente, sopra tutto sotto il rapporto di sua velocità. Del resto non bisogna mai perder di vista che, ad eccezione del fluido luminoso, tutti questi altri fluidi non hanno nello spirito del Fisico se non che un'esistenza ipotetica, e che però egli la pone nella teoria come una causa forse

immaginaria, ma in tal caso equivalente a quella messa in uso dalla Natura per produrre i fenomeni.

C O N C L U S I O N E

844. Da questi fatti stabiliti nei quattro Articoli precedenti segue 1.° che le resine esercitano al contatto un'azione elettro-motrice più o meno potente su tutti i corpi della Natura, 2.° che l'elettricità sviluppata da questo contatto è sempre l'inversa di quella fatta nascere dalla confricazione, 3.° che per istabilir l'esistenza dell'elettricità metallica, è cosa pericolosa l'impiegare dei condensatori resinosi, perchè l'azione potente della resina sul metallo potrebbe molto ben combinarsi con quella che esercitan l'uno sull'altro due metalli eterogenei, e così contribuire alla produzione del fenomeno.

C A P. IV.

Dell'elettricità sviluppata dal calore.

845. La prima sostanza in cui si sia riconosciuta la proprietà di diventare elettrica per mezzo del calore, è la *tormalina* (389); la quale è una pietra che

(389) Si era già veduto che il vetro riscaldato al grado di diventar rosso divien conduttore, e che la terra silicea scaldata nel croginolo mostra un'attrazion' elettrica per le di lui pareti. E nelle distanze elettriche per calore, per determinare in qual'estremità risegga ciascuna delle due elettricità consiglia Bournon a porre all'estremità d'un bastone di cera lacca un fil di seta lungo da 3 lin., e dopo aver fregato questo bastone presentarlo a ciascuna delle due estremità della sostanza: quella in cui risiede l'elettricità resinosa respinge il filo, mentre al contrario è attratto dall'altra estremità.

crystallizza in prismi per lo più a nove lati, terminati da de' vertici a tre, sei, nove facce: gli Olandesi la chiamano *Aschentreker* (*tira-cenere*) perchè attrae le ceneri quando si avvicina al fuoco; Linneo la chiama *lapis electricus* (390).

846. Ecco le proprietà di questa pietra rapporto all'elettricismo. 1.° Finchè questa pietra è alla temperatura ordinaria senza provare alcuno sfregamento, non dà alcun segno d'elettricismo; ma diviene elettrica se si sfrega, o se senza sfregarla si espone per alcuni momenti all'azion del calore. 2.° L'elettricismo non si palesa in tutta l'estension di sua superficie, ma soltanto in due punti situati alle due parti opposte del minerale, punti che si chiamano *poli elettrici*. 3.° Quando la tormalina è stata scaldata fino a un certo grado, uno de' suoi vertici gode dell'elettricità posi-

(390) Questa pietra del Ceylan creduta in principio una specie di calamita, sotto il nome di calamita o *pietra da ceneri* perchè riscaldata attrae le ceneri, da Epino e da Wilke fu riconosciuta per elettrica nel 1757, e chiamata *Tormalina*. Essa regge al fuoco il più violento senza danno purchè non si faccia raffreddare in un tratto nell'acqua, ha il duro e il pulito del cristallo di rocca e dello smeraldo e del topazio. Bensì riscaldata dai 30° a 70° di Reaumur (meglio però con metterla o sul fuoco, o su metalli caldi), comunque ha la proprietà elettrica di attrarre e respingere i piccoli corpiccioli come cenere, polvere di carbone, crusca, pagliuzze, pezzetti di carta o di foglia d'oro ec. ec., e soltanto il non dare al bujo alcuna luce o scintilla la fa distinguere dagli altri corpi elettrici. Oltre alle celebri tormaline del Ceylan, del Brasile, del Tirolo, e della Spagna, vi è anche la tormalina del S. Gottardo, altrimenti chiamata dal P. Ermenegildo Pini *scerlo elettrico* e descritto dal Sig. Ab. Beretta negli Opusc. scelti di Milano, differente dalla tormalina del Tirolo in quanto che questa agisce anche molto calda, e quella quando è fredda. Sopra di essa V. la Lett. di Mulher tradotta dal D. Savério Manetti (Firenze 1780).

tiya, mentre l' altro è animato dalla negativa: col prime attrae, col secondo respinge un fil di seta di 3 in 4 linee, attaccato che sia in cima ad un cannello di cera lacca già soffregato. 4.° Due tormaline presentate l' una all' altra si attraggono per i poli animati da elettricità contrarie, e si rispingono per i poli che manifestano la stessa specie d' elettricità. Per la spiegazione di questo fenomeno veggasi la P. II *della teoria dell' elettricismo*. 5.° Se si spezza una tormalina nell' atto in cui si manifesta la sua elettricità, ogni pezzo comunque sia piccolo, ha le sue due metà in due stati opposti come la tormalina intera. La calamite presentano un simil fenomeno, che ci somministrerà la spiegazione del presente.

847. La maggior parte delle proprietà in principio attribuite esclusivamente alla tormalina, si son poi riconosciute in un gran numero di sostanze naturali, fra cui si distinguono i rubini del Brasile, il borato di magnesia, l' ossido di zinco cristallizzato ec. ec.: le quali tutte con l' ajuto del calore danno dei segni d' elettricismo; ciascuna di esse ha due poli, dei quali l' uno è la sede dell' elettricità vitrea e l' altro della resinosa; in una parola, meno che qualche differenza, manifestano i fenomeni stessi della tormalina.

P A R T E II.

Teoria dell' elettricismo.

Nello stato attuale delle nostre cognizioni le sole ipotesi, fra le varie inventate, degne di fissare l' attenzione de' Fisici per la spiegazione de' fenomeni elettrici, son quelle di Franklin, d' Epino, e di Coulomb, che preferiremo alle due prime per le ragioni che addurremo.

C A P. I.

Teoria di Franklin:

348. I.^o Franklin fa dipender tutti i fenomeni elettrici dall'azione d'un fluido, che ha ricevuto il nome di *fluido elettrico*. II.^o Considera il fluido elettrico come un essere semplice. III.^o Tutti i corpi della natura contengono una certa quantità di fluido elettrico, che dipende dalla lor attrazione per esso e dalla lor capacità per contenerlo; e allora son nel loro stato naturale, e non danno alcun segno d'elettricità. IV.^o Essi acquistan l'elettricità positiva acquistando una sovrabbondanza di fluido elettrico, e negativa se perdono una porzion del loro fluido elettrico naturale. V.^o Le molecole del fluido elettrico si respingono a vicenda a distanze assai considerabili, e son attratte da ogn'altra specie di materia. VI.^o I corpi elettrizzati son cinti da un'atmosfera elettrica di maggiore o minor estensione. VII.^o Il vetro è impermeabile al fluido elettrico, nè v'è mezzo d'accrescer la sua elettricità naturale, onde se si vuole admentar la materia elettrica d'una delle sue superficie, bisogna che l'altra perda una stessa quantità del suo fluido naturale. Con tali principj, in gran parte ipotetici, ecco come si spiegano i fenomeni elettrici de' due soli Esieri addetti a Franklin.

349. Presentati al conduttore elettrizzato de' corpi leggieri vi si avvicinano fino al contatto, perchè cedono all'attrazione del fluido che circonda il conduttore. Due corpi dotati d'elettricità positiva s'allontanano l'uno dall'altro, perchè le loro atmosfere si respingono. Un corpo leggiero elettrizzato in positivo si precipita sopra un corpo non elettrizzato, perchè questo attrae la di lui atmosfera che seco lo strascina. Due corpi elettrizzati in negativo s'allontanano, per-

chè l'aria si condensa alla lor superficie, e il fluido elettrico non potendo introdursi forma intorno ad ognuno di loro un' atmosfera, che gli allontana per la sua forza repulsiva.

Ora oltre l'essere una tal condensazione dell'aria alla superficie dei corpi elettrizzati in negativo, una mera supposizione, è anche insufficiente alla spiegazione di questo fenomeno.

850. Rispetto poi alla boccia di Leida, quando una mano è alla superficie esterna e si presenta il fusto al conduttore elettrizzato, il fluido elettrico s'accumula nella interna; e benchè non penetri il vetro, agisce attraverso sul fluido naturale della superficie esterna, sul quale esercita una forza ripulsiva che determina l'elettricità in meno di questa superficie, purchè ella possa cedere il suo fluido naturale a qualche corpo conduttore: la superficie interna si trova dunque elettrizzata in più e l'esterna in meno. E siccome il fluido elettrico al pari degli altri fluidi tende sempre all'equilibrio, così il fluido che è in eccesso nella superficie interna, si sforza d'andare a rimettere ciò che manca all'esterna; ma ne è impedito dall'aria, che quando è secca gli oppone una resistenza invincibile; e però se gli s'apre una comoda strada attraverso ad una sostanza conduttrice, soddisfarà alla sua tendenza, e si riavrà l'equilibrio fra le due superficie. Ed è questo il perchè tenendo in mano la fasciatura esterna della boccia già carica, se si porta il dito al fusto di essa, si sente una forte scossa. La scintilla poi nasce dalla gran rapidità del fluido elettrico nel suo passaggio dalla superficie interna all'esterna. Così si spiegano tutt' i fenomeni di quest'ordine (391).

(391) Chiunque brami conoscer perfettamente la teoria elettrica di Franklin come dispensarsi dal leggere le varie dottissime Opere del cel. P. Gio. Batista Beccaria delle S. Pie, in specialtà

C A P. II.

Teoria d' Epino.

851. L'ipotesi di Franklin è semplice e facile, nè se le può disputare il merito d' una felice fecondità. E bensì un male che alcuni fenomeni vi resistano fin dalla sua origine, e sempre con la stessa costanza. Tale è la ripulsione scambievole di due corpi leggieri dotati dell'elettricità negativa: tale è il moto d' un ago che gira nel medesimo senso ossia che si ponga il pernio che lo sostiene su un conduttore positivo ossia che riposi su un conduttore negativo.

Malgrado questi difetti l'ipotesi di Franklin conta anche oggidì un gran numero di fautori come Volta, Brugnatelli, Davy, Van-Mons ec., i quali l'adottano con delle leggiere modificazioni immaginate per fare svanire gl' inconvenienti che presenta. Anzi in un' opera intitolata *Principes d'electricité* Van-Mons cerca di fortificarla e d'estenderla, e inoltre combatte l'ipotesi de' due fluidi che io fra poco esporrò per mezzo di fatti e di ragionamenti che meritano l'attenzione de' Fisici. Epino ancora si occupò nel perfezionar l'ipotesi di Franklin, e per riuscirvi aveva preso in soccorso l'analisi. E però decompose le forze che si combinano nella produzion de' fenomeni elettrici, decomposizione che fece andar la teoria verso il suo vero limite.

1.^o *Dell' elettricismo artificiale e naturale* 1753.

2.^o *Dell' elettricismo atmosferico* 1758.

3.^o *Electricitas vindex* 1769.

4.^o *Dell' elettricismo artificiale* 1772.

5.^o *Dell' elettricità terrestre atmosferica a ciel sereno* 1775?

Anzi son quest'opere di prima necessità per mettersi al possesso dei molteplici esperimenti elettrici e del modo di farli.

852. I.^o Le molecole del fluido elettrico si respingono a vicenda anche ad una distanza sensibile. II.^o Esse possono essere attratte da tutti i corpi cogniti e viceversa; onde se due corpi A e B nello stato naturale son messi in presenza l'uno dell'altro, 1.^o la materia propria di A attrae il fluido elettrico di B, 2.^o il fluido di A respinge quel di B, 3.^o il fluido di A attrae la materia propria di B. III.^o L'attrazione esercitata dalla materia propria di A sul fluido di B eguaglia la repulsione scambievolmente de' due fluidi, poichè per esser i due corpi per ipotesi nello stato naturale, le lor forze opposte sono in equilibrio e però eguali. IV.^o L'attrazione esercitata dalla materia propria di A sul fluido di B eguaglia l'attrazione che il fluido di A esercita sulla materia propria di B. Ora sia M la massa di A, sia Q la quantità del fluido elettrico da cui A è penetrato, m la massa di B, e q la sua quantità di fluido elettrico. Le attrazioni son come le forze, e le forze son come i prodotti delle masse per le velocità (§. 21^a). Or questi prodotti sono eguali. Infatti la velocità del fluido di B prodotta dall'attrazione della materia di A è come la massa di A; onde la quantità di moto del fluido di B è espressa per la sua massa moltiplicata per quella di A cioè per Mq : la quantità di moto di B prodotta dall'attrazione del fluido di A è come il prodotto della sua massa per la sua velocità, che è proporzionale alla massa del fluido di A; onde la quantità di moto di B è eguale alla sua massa moltiplicata per quella del fluido di A cioè si ha mQ ; ma $mQ = Mq$, perchè la quantità naturale del fluido elettrico è proporzionale alla massa; dunque $M : m :: Q : q$; dunque $Mq = mQ$. Nell'ipotesi d'Epino è chiaro, che la quantità naturale di fluido elettrico è proporzionale alla massa, supposizione inesatta: poichè 1.^o è probabile che tutte le parti eguali della materia non attraggano egualmente il fluido elettrico, giacchè si sa che le molecole de' corpi combustibili attraggono il

fluido luminoso con più energia di quel che non lo è dalle molecole eguali dei corpi incombustibili, come secondo molte esperienze i corpi resinosi hanno per il fluido elettrico attrazione maggiore degli altri corpi della natura: 2.° affinchè la quantità naturale del fluido elettrico sia proporzionale alla massa, non basta che le molecole eguali de' differenti corpi attraggano egualmente il fluido elettrico, ma bisognerebbe ancora che a massa eguale tutti i corpi avessero la stessa capacità per il fluido elettrico, il che è contrario all'analogia.

853. Dal che segue che le tre forze di cui si tratta son eguali; e poichè la prima è distrutta dalla seconda a motivo della loro opposizione, bisogna trovare necessariamente in qualche parte una quarta forza che bilanci l'effetto della terza. Epino non può prenderla che nell'azione scambievole de' due corpi, e si vede inoltre forzato alla conseguenza, che sotto il rapporto de' fenomeni elettrici le molecole di tutti i corpi si respingono. Questa conseguenza sulle prime gli sembrò contraria alle leggi della gravitazione; ma gli sparì questo apparente assurdo col riflettere, che nella sua ipotesi non ha luogo la ripulsione scambievole delle molecole de' corpi se non quando i corpi stessi son elettrizzati, ossia quando son penetrati dal fluido elettrico, che al par del calorico può comunicare alle molecole de' corpi una forza ripulsiva senza far conto le leggi della gravitazione.

854. Ecco l'espressione analitica di queste quattro forze: 1.° l'attrazione esercitata dalla materia propria di A sul fluido di B è $\propto Mg$; 2.° la ripulsione de' due fluidi è $\propto Qq$; 3.° l'attrazione esercitata dal fluido di A sulla materia propria di B è $\propto Qm$; 4.° la ripulsione delle molecole della materia propria di A e di B è $\propto Mm$.

855. Quando due corpi supposti nello stato naturale son messi in presenza l'uno dell'altro, tutte queste forze sono in equilibrio, e però la somma delle attra-

zioni eguaglia quella delle ripulsioni cioè $Mq + Qm = Qq + Mm$. Onde 1.° se A è elettrizzato in più mentre B conserva il suo fluido naturale, essi non si allontaneranno nè si avvicineranno l'uno all'altro, giacchè allora Q cresce; dunque giacchè nello stato naturale de' corpi $Qm = Qq$, crescono egualmente Qm e Qq, onde sarà sempre $Mq + Qm = Qq + Mm$: cioè la somma delle attrazioni è eguale alla somma delle ripulsioni. 2.° Se A e B son elettrizzati in più, debbon respingersi, giacchè essendo A elettrizzato in più mentre B conserva il suo fluido naturale, si ha (1.°) $Mq + Qm = Qq + Mm$, e $Qq > Mq$. Ma nell'ipotesi attuale d'esser ancor B elettrizzato in più, q cresce; dunque Qq cresce in un rapporto maggiore di Mq, dunque $Mq + Qm < Qq + Mm$: dunque la somma delle ripulsioni supera la somma delle attrazioni; dunque ec. 3.° Se A è elettrizzato in più e B in meno, debbono attrarsi, perchè essendo A elettrizzato in più e B nel suo stato naturale si ha $Mq + Qm = Qq + Mm$ e $Qq > Mq$; ma ora essendo B elettrizzato in meno, q scema; dunque Qq scema in un rapporto maggiore di Mq; dunque $Mq + Qm > Qq + Mm$: dunque la somma delle attrazioni supera quella delle ripulsioni; dunque ec. 4.° Se A è elettrizzato in meno, B conservando il suo stato naturale non si avvicina nè si allontana dal primo, perchè allora Q scema; dunque giacchè nello stato naturale de' due corpi $Qm = Qq$, Qm e Qq scemano quì dell'istessa quantità; dunque $Mq + Qm = Qq + Mm$: dunque la somma delle attrazioni eguaglia quella delle ripulsioni; dunque ec. 5.° A e B elettrizzati in meno debbon respingersi, perchè A essendo elettrizzato in meno mentre B resta nel suo stato naturale, si ha $Mq + Qm = Qq + Mm$ e $Qq < Mq$; ma nell'ipotesi presente q scema; dunque Mq scema in un rapporto maggiore che Qq; dunque $Mq + Qm < Qq + Mm$: dunque la somma delle ripulsioni supera quella delle attrazioni; dunque ec.

Questa teoria ha il vantaggio su quella di Franklin

di analizzare le forze combinate nella produzione dei fenomeni. E' un male che la maniera con cui ha Epino ravvisato queste forze, l'abbia condotto a conseguenze che non ci sembran tutte del pari ammissibili. L'ipotesi dei due fluidi immaginata da Symmer e perfezionata da Coulomb, non presenta alcuno degli inconvenienti osservati di sopra, e d'altronde ha il vantaggio di spiegare con egual facilità tutti i fenomeni elettrici (392).

C A P. III.

Ipotesi de' due fluidi.

856. Coulomb considera il fluido elettrico come composto di due fluidi particolari, che sono neutralizzati l'uno dall'altro nello stato ordinario de' corpi, e che si separano quando i corpi sono elettrizzati. Sebbene non riguarda come dimostrata l'esistenza del fluido elettrico e con più ragione quella de' due fluidi che lo compongono: ma ciò poco importa, purchè l'esistenza di questi due fluidi, o reale o ipotetica, ci conduca ad un modo semplice e plausibile di rappresentare i risultati dell'esperienza. Qualunque denominazione può servire egualmente ad indicare questi fluidi, di cui non ci è nota la natura, e che niun corpo ci somministra in un modo speciale. Chiameremo perciò uno

(392) Fino dal 1772 il nostro Cav. Felice Fontana fece in Firenze le sue nuove e grandiose esperienze in presenza di Murray e di Bernoulli (Barletti, *Dubbj sulla teoria degli elettrici fenomeni*), direttamente contraria all'ipotesi di un solo fluido elettrico. Tuttavia l'ipotesi di due fluidi componenti il fluido elettrico sostenuta da Coulomb, la Place, Biot, Hany ec. soffre (benchè seducente e probabilissima) delle difficoltà da vedersi in Bournon (*De la chaux* ec. pag. 123).

de' detti fluidi V (*vitreo*) e l'altro R (*resinoso*); il primo de' quali corrisponde a ciò che Dufay chiamava *elettricità vitrea* e Franklin *elettricità positiva*, e il secondo corrisponde a ciò che Dufay indicava col nome di *elettricità resinosa* e Franklin con quello d' *elettricità negativa*.

857. Ora un corpo può esser elettrizzato in due maniere 1.^o per la semplice decomposizione del fluido elettrico che gli è proprio, 2.^o in virtù d'una quantità sovrabbondante di fluido V o R che gli venga comunicata; onde un corpo può esser *elettrizzato*, cioè escire dal suo *stato naturale*, e non ostante conservare la sua *quantità naturale di fluido elettrico*.

858. Pertanto I. le molecole di ciascuno de' fluidi componenti il fluido elettrico fra di lor si respingono: II. Le molecole del fluido V attraggono quelle del fluido R, e viceversa.

859. Dunque 1.^o due corpi elettrizzati ciascuno per una quantità addizionale di fluido V o R, debbono allontanarsi l'uno dall'altro in virtù delle forze ripulsive che esercitano le une sull'altre le molecole de' fluidi della medesima specie; 2.^o due corpi sollecitati l'uno da una quantità addizionale di fluido V e l'altro da una quantità di fluido R, debbon'attrarsi in virtù delle forze attrattive che le molecole di ciascuno de' fluidi componenti esercitano su quelle dell'altro fluido; 3.^o per spiegar chiaramente gli altri casi d'attrazione o di repulsione ne' quali si fa una decomposizione del fluido naturale dell'uno de' corpi o di tutti due, importa considerar subito l'equilibrio di due corpi che sono nello stato naturale. Sia un di questi corpi A, e l'altro B: è chiaro che A esercita su B, e viceversa, quattro azioni differenti, cioè la repulsione del suo fluido V sul fluido V di B, l'attrazione del suo fluido V sul fluido R di B, la repulsione del suo fluido R sul fluido R di B, in fine l'attrazione del suo fluido R sul fluido V di B; le quali quattro azioni nel caso di equilibrio, cioè nello stato naturale, son necessaria-

mente eguali: e primieramente il fluido V di B è attratto dal fluido R di A quanto è respinto dal suo fluido V, senza che si moverebbe contro l'ipotesi dell'equilibrio. Del pari il fluido R di B è attratto dal fluido V di A quanto è respinto dal suo fluido R. Dunque dall'una parte e dall'altra ciascuna delle forze attrattive è eguale all'una delle forze ripulsive. Resterà dunque provato che le quattro azioni in questione sono eguali, se proviamo l'eguaglianza fra le due attrazioni e ripulsioni; come infatti vi è, poichè le quantità di fluido di ciascuna specie son proporzionali nei differenti corpi alle quantità dell'altra specie; cioè si ha il fluido V di A sta al fluido V di B come il fluido R di A sta al fluido R di B; dunque *fluido V di A* $\times$ *fluido R di B* = *fluido V di B* $\times$ *fluido R di A*: ma questi prodotti rappresentano le forze, mentre in ciascun di questi corpi la quantità di fluido attratto può prendersi per la massa, e la sua velocità è proporzionale alla massa attraente cioè alla quantità di fluido attraente; dunque le forze o le attrazioni son rappresentate da prodotti eguali; dunque son eguali. Nel modo stesso si prova l'eguaglianza delle ripulsioni. Dunque due corpi nello stato naturale non esercitan l'uno sull'altro alcun'azione effettiva.

860. Vediamo ora la facilità con cui questa teoria sviluppa i fenomeni i più complicati delle attrazioni e ripulsioni elettriche. Primieramente supponghiamo un buon conduttore A di forma sferica, elettrizzato in virtù d'una quantità additiva di fluido V che gli è stato trasmesso, e un altro corpo sferico e buon conduttore B messo ad una piccola distanza dal primo. Il fluido V che circonda A esercita una forza ripulsiva sul fluido della stessa specie che fa parte del fluido naturale di B, e una forza attrattiva sul fluido R che è l'altro elemento del medesimo fluido naturale: questi due fluidi si separano in modo che il fluido R circonda la superficie di B la più vicina ad A, e il suo fluido V la parte della stessa superficie la più lontana da A;

dunque l'attrazione esercitata dal fluido V del conduttore sul fluido R di B la vince sulla ripulsione esercitata dal fluido del conduttore sul fluido V di B, perchè le forze elettriche sono in ragion inversa duplicata delle distanze; dunque in virtù della differenza di queste forze B dee avvicinarsi ad A fino al contatto. Allora la quantità additiva del fluido V di A unendosi col fluido R che circonda la superficie di B, da tal unione risulta una certa quantità di fluido naturale che rientra in B, e la porzione del fluido V che resta fuor della combinazione distribuendosi in un certo rapporto fra A e B, i due corpi sono elettrizzati ciascuno da una quantità additiva di fluido V e però si respingono. Dal che segue, come da' principj d'Epino, che un corpo elettrizzato non attrae a se un corpo non elettrizzato presentatogli, se non dopo averlo reso attraibile con farlo prima escire dal suo stato naturale.

861. Così è facile il render ragione degli effetti dei campanelli elettrici (§. 826.). Ognuno de' due campanelli laterali essendo elettrizzato, attrae prima il battaglino metallico accosto a lui, e gli comunica un' elettricità della stessa natura della sua; in seguito lo respinge verso il campanello di mezzo, il quale comunicando con la terra che è il serbatojo comune, lo spoglia di quest' elettricità e lo rimette nel suo stato naturale. Si ripetono in seguito questi medesimi effetti finchè resta elettrizzato l'apparecchio. E' inutile il moltiplicare gli esempj delle attrazioni e delle ripulsioni elettriche. Questi stessi principj poi si applicano a tutti i fenomeni di questo genere, anche nel supposto che il corpo fosse caricato di una quantità additiva di fluido R, o che de' due corpi uno sia buon conduttore e l'altro cattivo, o finalmente che i due corpi siano cattivi conduttori e che il fluido naturale d'ognuno sia stato decomposto nel suo interno.

862. E parimente per spiegare il fenomeno delle punte (§. 828.), che hanno il privilegio esclusivo di

trasmettere il fluido accumulato sulla superficie d'un buon conduttore, e d'arrestare in tal modo tutti i nostri sforzi nel caricarlo, concepiamo due finissimi aghi A e B non isolati e posti fra loro a piccola distanza in parallelismo, con la punta rivolta verso un conduttore carico di fluido vitreo. L'azione di questo conduttore tende ad attrarre verso l'estremità d'ogni ago il fluido resinoso che si è sviluppato dal fluido naturale dell'ago, e a respingere in senso contrario il fluido vitreo, nel tempo stesso che l'un sopra l'altro agiscono i due aghi in modo, che il fluido della parte anteriore dell'ago A attrae quello della posteriore dell'ago B, e che parimente l'anteriore di B esercita una forza attrattiva sulla posteriore di A: con questo di più che la porzione del fluido resinoso posto alla punta d'ogn'ago agisce per respingere indietro le molecole del fluido simile posto nell'altro ago al disotto della punta; avvertendo su ciò, che le azioni reciproche degli aghi son tanto più sensibili quanto più son essi vicini, sì perchè esse s'esercitano ad una minor distanza, sì perchè seguono direzioni meno oblique alle superficie lungo le quali scorrono le molecole: onde queste azioni differenti bilanciano in parte l'effetto del conduttore carico di fluido vitreo per attrarre verso l'estremità d'on' ago il fluido resinoso. E se invece di due aghi, ne supponghiamo un gran numero sì vicini fra loro da formarne quasi un medesimo corpo, tutte le superficie esterne degli aghi posti intorno al corpo agiranno parimente gli uni su gli altri per bilanciare l'azione elettrica del conduttore per rapporto a ognuno di essi, e a' loro sforzi s'aggiungeranno quelli di tutti i punti della superficie anteriore che direttamente riguarda il conduttore; per il che il fluido resinoso sarà molto men condensato verso l'estremità del fascetto d'aghi di quel che non lo sarebbe stato verso quella d'un ago isolato, e in conseguenza giacchè ogn'ago reagisce sul conduttore da cui attrae l'elettricità, la reazione sarà molto più ef-

ficace per parte d' un solo ago, all' estremità del quale il fluido resinoso è condensatissimo, e tutta l' attività del quale si dirige verso un medesimo punto del conduttore, di quello che lo sia per parte d' un fascetto d' aghi, le cui azioni a vicenda si nuociono e non sono abbastanza vicine. Così un ago isolato è capace di provocare subito un effluvio di fluido elettrico, che egli trasmette con rapidità ai corpi circonvicini. Anzi un corpo qualunque terminato in punta esercita un' azione simile a quella dell' ago isolato, mentre un corpo rotondeggiante molto esattamente rappresenta un fascetto d' aghi, che esercita un' azione molto minore per ispogliare il conduttore della sua elettricità. Intanto l' azione del corpo rotondo, benchè più debole di quella della punta, attrae nella parte anteriore del conduttore una nuova quantità di fluido che è mantenuta dalla resistenza dell' aria; questa quantità aumenta, e nel tempo stesso le due parti per cui i corpi si guardano, s' elettrizzano sempre più a proporzione che scema la distanza; sebbene vi è un termine in cui l' aria cedendo alla forza attrattiva che anima i due fluidi, questi corrono ad unirsi l' uno all' altro con una specie d' esplosione accompagnata da una scintilla, che produce un' improvvisa infiammazione se ella esercita la sua attività sopra una sostanza combustibile come l' etere, l' alcool ec. ec.

863. Parlando dell' elettricità per contatto abbiám visto, che un disco di vetro levigato, di metallo, di marmo ec., isolato e posto su del taffetà resinoso, acquista l' elettricità resinosa, mentre riceve la vitrea se si fa strisciare su una superficie di taffetà resinoso. Per giustificare questa apparente bizzarria della natura mettiamoci per un momento nel luogo dove ella era prima della produzion del fenomeno, e supponghiamo che ella abbia dato alle sostanze resinose maggiore attrazione per il fluido V che alle altre sostanze naturali. In quest' ipotesi non affatto inverisimile si vede, che una sostanza resinosa messa a con-

tatto con del vetro, marmo ec. deve in virtù della sua attrazion superiore decomporre il fluido naturale, attrarre il fluido V e respingere il fluido R. Dal che risulta, che il contatto deve bastare per costituir le resine nello stato positivo e il vetro nel negativo. Ora se invece di posare il disco di vetro o di metallo sul tafettà resinoso si fa strisciare sulla sua superficie, restando lo stesso il rapporto delle attrazioni della resina e del vetro per il fluido V, è certo che lo sfregamento cangia il rapporto delle capacità risultanti dalla figura delle molecole integranti, dalla loro grossezza e dalla distanza che le separa. Se dunque accade che lo sfregamento accresca la capacità del vetro o del metallo per contenere il fluido V, cosicchè dopo lo sfregamento essa sia a quella della resina in un rapporto maggiore che l'attrazione della resina lo è a quella del vetro o del metallo, è chiaro che sebben la resina abbia maggiori attrazioni del vetro per il fluido V, pure dee cedere al vetro una porzione del suo fluido V, e quindi il vetro in virtù dello sfregamento dee acquistare l'elettricità vitrea e la resina la resinosa.

864. Spieghiamo ora l'importante fenomeno della boccia di Leida (§. 820). Quando tenendo in mano la superficie esterna di essa io presento il suo fusto a un conduttore che suppongo carico di fluido vitreo, questo si spande sulla superficie interna della boccia, e la sua azione decompone il fluido naturale della fasciatura della superficie esterna; il fluido vitreo che ne fa parte è risospinto dal fluido interno omogeneo, scappa a traverso la mia mano e si perde ne' corpi circonvicini, mentre il fluido resinoso che si è sviluppato dalla combinazione; è incatenato sulla superficie esterna dall'attrazione del fluido interno, ed agisce per la sua parte con una simil forza per ritenere questo fluido sulla superficie interna. E si osservi che 1.º ogni molecola del fluido vitreo che scappa a traverso la mia mano per la ripulsione del fluido accumulato sulla superficie interna, è attratta nel tempo

stesso dal fluido resinoso della superficie esterna, e poichè la forza ripulsiva del fluido interno, sebben più lontana dalla molecola che cede alla sua azione, la vince sulla forza attrattiva del fluido esterno, bisogna concludere che la quantità del fluido vitreo applicato sulla superficie interna è sempre più grande di quella del fluido resinoso ritenuto sull'esterna: 2.^o le molecole del fluido resinoso della superficie esterna esercitan le une sulle altre una forza ripulsiva che tende ad allontanarle, forza bilanciata dall'attrazion del fluido vitreo della superficie interna; e le molecole del fluido vitreo tendon pure a scappare in virtù di lor forza ripulsiva, forza che ceder non può interamente all'attrazion del fluido resinoso esterno la cui quantità è minore; dunque vi è una porzione eccedente di fluido interno, che non può esser ritenuta che dalla resistenza dell'aria ambiente.

Se in tale stato si continui a caricare il conduttore, la nuova quantità di fluido vitreo che verrà data alla superficie interna della boccia, determinerà l'uscita d'una nuova porzion di fluido vitreo dalla superficie esterna, ma nel tempo stesso l'attrazion del fluido resinoso, reso allo stato di libertà aumentando riguardo ad ogni molecola che tende a scappare, esige che la porzione eccedente del fluido interno impiegata a compensar la distanza aumenti dal canto suo, e vi sarà un punto in cui quest'eccesso non avrà che la forza necessaria per bilanciar la resistenza dell'aria; al di là del qual punto se si continui a caricare il conduttore, tutte le nuove porzioni di fluido che somministra scappano a misura che esse arrivano e che la boccia è giunta al suo termine di saturazione. Che se tenendo sempre in mano la fasciatura esterna della boccia così carica porto l'altra al fusto, una porzion del fluido vitreo accumulato sulla superficie interna non è più ritenuta dalla resistenza dell'aria, agisce sul fluido naturale della mia mano, lo scompone, respinge il fluido vitreo che

risulta dalla decomposizione, e attrae il fluido resinoso con cui si combina per formare del fluido naturale. Nel tempo stesso il fluido resinoso della superficie esterna, che non è più ritenuto dalla quantità eccedente di fluido che è stato levato alla superficie interna, agisce sul fluido naturale dell'altra mano, lo decompone, respinge il fluido resinoso e attrae il vitreo che egli neutralizza. I due fluidi rispinti l'un verso l'altro si combinano ancora perchè eterogenei, e così si ristabilisce l'equilibrio delle forze all'interno e all'esterno della boccia: effetti tutti prodotti con una rapidità ed un'energia, che danno scosse violente a chi si espone a tali esperienze. Ed è chiaro, che una boccia isolata non può caricarsi, perchè il fluido vitreo della superficie esterna non potendo scappare, resta combinato su questa superficie col fluido resinoso.

865. Non si scarica mai completamente una boccia di Leida col far comunicar le sue due superficie per mezzo dell'eccitatore. Vi bisognano più contatti, o sibbene un sol contatto continuato per alcuni istanti onde rimetterla nel suo stato naturale; e allora dicono alcuni Fisici, si presenta un fenomeno curioso che consiste in questo, che la specie d'elettricità che anima ciascuna superficie, cangia ad ogni contatto in modo, che quella la quale aveva l'elettricità V o positiva, dopo il contatto prende l'elettricità R o negativa, e viceversa.

Quando per mezzo dell'eccitatore si fan comunicare le due superficie d'una boccia di Leida, non si scarica mai, egli è vero, completamente, ma la specie d'elettricità che anima ciascuna superficie resta la stessa ad ogni contatto. Ed io ho fatto più volte questa esperienza con averne sempre il medesimo risultato; e però il fenomeno annunziato da alcuni Fisici è un fenomeno immaginario.

866. Può scaricarsi una boccia di Leida isolata col portare il nostro dito successivamente alle sue due su-

perficie, cosicchè la scarica viene a scemare ad ogni contatto, e finisce col divenir nulla o almeno insensibile. Per spiegar questo fatto bisogna risalire alla spiegazione della carica della boccia. Supponghiamo che il fusto della boccia sia stato presentato al conduttore d'una macchina elettrica ordinaria; l'interno si troverà avere del fluido V in eccesso, il quale decomporrà il fluido naturale dell'armatura della superficie esterna, respingerà nel suolo il suo fluido V, e incatenerà sulla superficie il fluido R. Ma il fluido V della superficie interna agendo ad una corta distanza sul fluido R della superficie esterna, non può distruggere la forza ripulsiva d'una massa di fluido R tanto grande quanto quella di cui distruggerebbe egli la forza ripulsiva al contatto; dunque sulla superficie esterna vi è minor dose di fluido R di quello che ne bisognerebbe per neutralizzare il fluido V della superficie interna, e perciò non ve n'è abbastanza per distruggere ad una distanza la forza ripulsiva delle molecole del fluido V della superficie interna: e così una parte del fluido V non è ritenuta che dalla resistenza opposta al suo passaggio dall'aria e dai corpi circonvicini. Da ciò segue che, essendo la boccia isolata, se si porta il dito al suo fusto, questa quantità sovrabbondante di fluido V passerà nel comun serbatoio, e resterà quella sola che il fluido R può ritenervi ad una distanza. Ma allora è chiaro che il fluido V della superficie interna non può ritenere tutto il fluido R dell'esterna; dunque se si porta il dito all'armatura della boccia, se le leverà del fluido R: e così continuando si toglierà successivamente tutto il fluido V dalla superficie interna, e tutto il fluido R dalla superficie esterna, e la boccia resterà scaricata.

867. Milord Mahon ha esposto ne' suoi *Principi d'Elettricità* un'esperienza molto semplice, che ci condurrà alla spiegazion del fenomeno conosciuto sotto il nome di *urto a ritorno* (o *contraccolpo*); ed è che un uomo o un animale sotto una nuvola oraganaosa può esser

colpito dal fulmine nell'atto di scoppiare ad una gran distanza da lui. Pongasi ad una piccola distanza dal conduttore di una macchina elettrica in attività, un cilindro metallico isolato, con le sue estremità ben rotondeggiate onde non possa eccitarsi scintilla fra il conduttore e il cilindro: ad una piccolissima distanza da questo vi sia un'altro cilindro metallico rotondeggiato, che comunichi col suolo e molto vicino al primo per tirarne delle scintille. Il conduttore della macchina essendo animato da una gran quantità di fluido V agisce sul fluido naturale del primo cilindro, ne attrae il suo fluido R e ne respinge il suo fluido V, il quale passa nel comun serbatoio per mezzo del secondo cilindro. In tale stato di cose se si trae una scintilla dal conduttore, essendo il primo cilindro carico di fluido R, e l'elettricità del conduttore non impedendo più al fluido V di rientrarvi, il fluido R del primo cilindro esercita la sua azione sul fluido naturale del secondo, respinge il fluido R e attrae il fluido V, che rientra nel primo cilindro e dà una forte scintilla nel rimetterlo nel suo stato naturale. Pertanto supponghiamo che un uomo sia posto sotto una nuvola carica per es. di fluido V: il fluido R dell'uomo si trova incatenato sulla sua superficie, e il suo fluido V va a perdersi nel serbatoio comune. Ma nel momento in cui scoppia il fulmine, la nuvola trovandosi scaricata, e l'uomo essendo carico di fluido R, il suo fluido V rientra tutto in un tratto con una rapidità che fa nascere una scossa, talora sì violenta da dargli la morte. Non bisogna però credere che resti un uomo sempre colpito, perchè questi funesti accidenti accadono quando la di lui distanza dalla nuvola oragiosa è sì piccola da esercitare sopra di lui una grand' influenza elettrica; ond'è che il contraccolpo elettrico talora porta delle violenti scosse, ma spesso le dà leggerissime. Alla medesima causa bisogna attribuire quelle lingue di fuoco, che in tempo di tempesta si son

talvolta vedute escire dal pavimento degli appartamenti e dissiparsi verso il palco.

868. Spieghiamo ora gli effetti dell'elettroforo e del condensatore (§. 818). Dopo aver elettrizzato la schiacciata di resina dell'elettroforo colpendola a più riprese con una pelle d'animale pelosa, si applichi il conduttore, cioè il piatto guernito d'un tubo di vetro, sulla superficie di questa resina, e sul piatto pongasi un dito. Il fluido R della schiacciata attrae a se il fluido V del piatto metallico, il quale non potendo passare nella resina, che è un cattivo conduttore dell'elettricità, resta sulla superficie inferiore del piatto: il fluido resinoso del piatto è respinto nel tempo stesso verso la superficie superiore; e comechè agisce più da vicino sul dito di quel che faccia il fluido vitreo, e dall'altra parte la sua azione è favorita da quella del fluido omogeneo della resina, decompone il fluido naturale del dito, e riprende una porzione di fluido vitreo eguale alla perdita. Il piatto metallico è allora allo stato di elettricità vitrea in virtù della porzione del fluido V che è restata fuori della combinazione; e in conseguenza, se dopo aver ritirato il dito si leva il piatto metallico, presentandogli il dito o qualunque corpo conduttore, si dee vedere una scintilla fra l'uno e l'altro.

869. Il condensatore non differisce dall'elettroforo se non in quanto che la schiacciata di resina è qui rimpiazzata da un piano di marmo bianco (§. 819), che è semi-conduttore dell'elettricismo. Concepiamo che il disco metallico posto su un piatto di marmo bianco riceva per comunicazione una piccola quantità di fluido V: questo fluido decomporrà un poco il fluido naturale del marmo bianco, respingendo verso il basso il fluido V e attraendo verso l'alto il fluido R. Il marmo agisce a vicenda sul disco in virtù del suo fluido R, la di cui azione si esercita più da vicino per mantenersi la piccola porzione del fluido V co-

municata. In seguito arrivando un'altra quantità di fluido V nel disco metallico decomporrà una nuova porzione del fluido naturale rinchiuso nel marmo, che per parte sua acquisterà un nuovo grado di forza attrattiva, e così di seguito. Dopo di che è manifesto, che il marmo lascia una certa libertà al fluido che contiene per muoversi, perchè egli è semi-conduttore. Per la stessa ragione il fluido del piatto metallico che attrae a lui, è arrestato dalla resistenza che prova al luogo del contatto, che per altra parte si fa dalle superficie piane, la cui figura meno si presta all'effetto dell'attrazione di quella delle curvilinee. Le piccole quantità d'elettricismo che successivamente riceve il piatto metallico, potranno dunque accumularsi sulla sua superficie a segno che, se gli si presenta un conduttore, dopo averlo levato per mezzo del suo manico di vetro, se ne trae una scintilla.

Abbiamo finora ripassati i principali fenomeni elettrici, e gli abbiám veduti piegarsi con egual facilità all'ipotesi de' due fluidi, in giustificazione della preferenza che ad essa diamo sopra tutte le proposte fin qui per la spiegazione degli stessi fenomeni. Ma all'ipotesi da noi abbracciata de' due fluidi si rinfaccia, che si oppone alla semplicità dell'andamento della natura. Pure è mal fondato un simil rinfaccio. Poichè 1.° la natura non ci offre alcun corpo che goda di una semplicità assoluta. Il fluido stesso che ci illumina, ad onta dell'estrema tenuità delle sue molecole, ha egli potuto resistere alla prova dell'esperienza del prisma? (§. 763) Sarebbe dunque un'eccezione non data ad alcun corpo della natura la semplicità del fluido elettrico. 2.° Nella produzion de' fenomeni elettrici si combinano diverse forze, sulla cui realtà non cade dubbio veruno. Che fa perciò l'ipotesi da noi adottata? Somministra un sostegno alle nostre idee col far dipender queste forze da due fluidi, che forse non hanno (sarà vero) che un'esistenza immaginaria, ma che intanto equivale alla causa che le fa nascere.

C A P. IV.

Del posto del fluido elettrico nei conduttori elettrizzati.

870. I corpi conduttori han questa proprietà, che il fluido libero che gli tiene nello stato elettrico, è sparso intorno alla lor superficie, onde non ne esiste porzione alcuna sensibile nel loro interno; proprietà già conosciuta da alcuni Fisici, e da Coulomb stabilita con esperienze decisive confermate dal calcolo. Gli strumenti per tale oggetto sono 1.^o un' elettrometro di Coulomb (§. 822. 7.^o) 2.^o un baston di resina lacca d' una linea di diametro, all' estremità del quale è fissato un circolo di carta d' $1\frac{1}{2}$ lin. di diametro: 3.^o un corpo conduttore qualunque isolato, e con più fori di poca profondità; quello di Coulomb era un cilindro di legno solido, e con dei fori di 4 lin. di diametro e di profondità.

871. I.^o Dopo avere elettrizzato il cilindro di legno con una boccia di Leida o col piatto metallico d' un elettroforo si porti alla sua superficie il piccol cerchio di carta dorata, e quindi si ritiri per presentarlo all' elettrometro: l' ago di questo strumento viene spinto con forza. II.^o Il piccol disco di carta dorata messo che sia nel fondo di uno de' fori fatti nel cilindro di legno, si ritiri, con la precauzione di non fargli toccare i labbri del foro: in tale stato se si presenta all' elettrometro, questo non dà segno alcuno d' elettricismo.

872. Queste esperienze che si posson ripetere sopra un conduttore qualunque, e specialmente, come lo fece Coulomb, su una sfera vota di metallo forata con un orifizio per introdurvi il bastone di resina lacca, il quale isola il circolo di carta dorata, queste esperienze, dissi, provano chiaramente che il fluido elet-

trico non penetra nell'interno de' corpi conduttori, ma si mantiene interamente alla lor superficie.

873. Ecco come Coulomb spiega questo fenomeno. Avea già provato (*Mém. de l'Acad.* an 1785) che ogni qual volta un fluido rinchiuso in un corpo, ove può muoversi liberamente, agisce per la ripulsione delle sue molecole con una forza minore dell'inversa del cubo delle distanze, come per es. nell'inversa della quarta potenza, allora l'azione di tutte le parti di questo fluido che sono ad una distanza finita da una delle sue molecole, si annichila relativamente all'azione dei punti di contatto. Dal che segue che se un corpo fosse ripieno d'un simil fluido, ogni molecola di questo fluido sarebbe egualmente respinta da ogni parte, e perciò questo fluido sarebbe in equilibrio. Laddove ogni qualvolta l'azione ripulsiva delle molecole del fluido è maggiore dell'inversa del cubo della distanza, per es. nella ragione inversa del quadrato come accade per il fluido elettrico, allora l'azione delle masse del fluido che sono ad una distanza finita non svanisce altrimenti relativamente a quella delle molecole in contatto, e l'equilibrio non può sussistere.

Per render sensibile questa verità sia un corpo di qualunque figura $AaBF$ (fig. 148) pieno di fluido elettrico, la di cui forza ripulsiva agisce in ragion inversa del quadrato delle distanze. Per un punto a tiro la normale ab , e per il suo estremo b tiro un piano de normale ad ab , il quale divida il corpo in due parti, l'una infinitesima $daeb$ e l'altra $dAFBcd$. Perchè vi fosse equilibrio bisognerebbe che tutte le forze con cui l'infinitesima dae agisce sul punto b , essendo decomposte secondo ab , facessero equilibrio all'azione risultante secondo ba di tutta la massa del fluido sparso in $dAFBcd$. Dall'altra parte del piano ed concepiamo un piccolo berretto dce perfettamente eguale a dae : è chiaro che il fluido contenuto in dce eserciterà sul punto b un'azione eguale e contraria a quel-

la del fluido contenuto in $d a e$; poichè la distanza $a e$ può in virtù della legge di continuità esser presa assai piccola, purchè la *densità elettrica* (§. seg.) sia la stessa nel punto c e nel punto a . Dunque il fluido contenuto nella parte $d A F B e c d$ eserciterà interamente la sua forza ripulsiva sul punto b , e però il fluido elettrico non può esistere in equilibrio nell'interno de' corpi, ma dee portarsi interamente alla lor superficie.

874. E poichè il fluido elettrico libero se ne sta intesamente alla superficie de' corpi conduttori, è manifesto che la *densità elettrica* non può esser' altro che la quantità d' elettricismo accumulata su una data superficie; e però dee misurarsi generalmente per mezzo della massa elettrica divisa per la superficie.

875. Dunque il fluido elettrico libero non penetrando nell'interno de' conduttori, non può esservi nello stato di *tensione*; onde hanno alcuni Fisici sostituito impropriamente questa parola a quella di *densità elettrica*.

C A P. V.

Del distribuirsi che fa il fluido elettrico sulla superficie de' conduttori.

876. Non è già che il fluido elettrico si spanda sulla superficie de' corpi per un'attrazione elettiva, ma bensì a tenore della lor figura per la ripulsione di sue molecole: cosicchè messi in contatto due globi eguali di diversa materia, dopo la lor separazione avranno la stessa quantità d' elettricismo, e per esser eguali le lor superficie saran le medesime le elettriche lor densità. Questa verità è appoggiata sulle seguenti esperienze.

Coulomb nella bilancia elettrica sospese per un fil. di resina lacca un globo di rame alla stess' altezza della palla dell' ago dello strumento, in guisa che il suo centro corrispondeva a 0° della graduazione: con

esso era in contatto la palla dell' ago, e però allontanata per la somma de' raggi delle due palle dal punto in cui sarebbe nulla la torsione. Si elettrizzarono le due palle, e dopo alcune oscillazioni l' ago si fermò a 28° , mentre il micrometro segnava 120° . Allora si fece toccare il globo di rame da un globo di sambuco del medesimo diametro, isolato per mezzo d' un pezzo di resina lacca; e tosto si ritirò, e l' ago si ravvicinò al globo di rame. Per rimetterlo a 28° si dovè storcere il filo in guisa, che il micrometro non segnava più di 44° .

L' ago a principio era a 28° , e il micrometro segnava 120° : dunque la forza di torsione era 148° . Secondariamente avendo l' ago sempre la stessa posizione, il micrometro non segnava che 44° ; e così la forza di torsione era 72° . E siccome fra le due esperienze vi fu l' intervallo di un minuto, nel qual tempo si dissipava in quel giorno $\frac{1}{50}$ dell' elettricità totale; così

bisogna aggiungervi $1\frac{1}{2}^\circ$; il che dà $73\frac{1}{2}^\circ$ per la forza totale di torsione che si trova a $\frac{1}{2}^\circ$, o quasi $\frac{1}{147}$, il che

è la metà della prima forza di torsione. Dunque la palla di sambuco ha preso esattamente la metà dell' elettricismo della palla di rame.

877. Coulomb ha voluto poi vedere come si distribuirebbe il fluido elettrico fra due globi diseguali con le seguenti esperienze.

I.^a Un globo di rame di 6 pol. e $3\frac{1}{2}$ di circonferenza dopo essere stato elettrizzato mandava l' ago a 30° con una forza totale di torsione di 145° ; presentatogli un globo di 24 pol. di diametro e avendolo quindi ritirato, si ricondusse l' ago a 30° , e il filo non era più torto che di 12° .

La quantità d' elettricismo del piccol globo, essendo proporzionale all' angolo di torsione, è eguale a 12 dopo il contatto e a 145 avanti: perciò il piccol globo

ha ceduto al grande una quantità d'elettricismo 133, e il rapporto delle masse elettriche de' due globi è $\frac{133}{12} = 11, 1$. Ma le superficie de' due globi sono co-

me i quadrati delle lor circonferenze; dunque il loro rapporto è 14, 8: così le masse elettriche non crescono in un rapporto tanto grande quanto le superficie. Per aver poi il rapporto delle densità elettriche de' due globi bisogna dividere il rapporto delle masse per quello delle superficie; onde la densità del globo grande sta a quella del piccolo :: 11, 1 : 14, 8.

II.^a Si son messi in paragone due globi con le superficie in ragione di 3, 36 : 1, e si è trovato con un risultato medio, che il rapporto delle masse del fluido

elettrico era $\frac{3,08}{1,00}$; onde il rapporto della densità elettrica del globo grande sta a quella del piccolo :: $\frac{3,08}{3,36} = \frac{1}{1,09}$.

III.^a Si son quindi voluti paragonare due globi, l'uno dei quali era piccolissimo rapporto all'altro; e qui perchè il metodo precedente, comunque forte fosse stata l'elettricità del piccol globo, l'avrebbe data poco sensibile dopo il contatto del globo grosso, si è fatto uso di un altro mezzo, vale a dire si è isolato un globo di 8 pol. di diametro, che si voleva paragonare ad un altro la cui superficie era $\frac{1}{62}$: indi si

presentò il piccol globo al più grosso con tenerlo isolato, e si portò nella bilancia. L'ago che era a 0° fu mandato a 44° con una forza totale di torsione di 244°. Si fece toccare per 20 volte il piccol globo al grosso distruggendovi ogni volta la sua elettricità, e in ultimo si portò nella bilancia. Si trovò l'ago spinto a 44°, essendo 126° la forza totale di torsione.

La forza di torsione è proporzionale alla quantità d'elettricismo, e comechè questa forza che in prin-

cipio era di 244° , non è ora più che di 126° , il globo grosso ha perduto 118° d' elettricità nei 20 contatti:

dunque in un contatto medio avrebbe perduto $\frac{118}{20}$.

Ma in questo contatto la forza ripulsiva misurata dalla bilancia esser deve quasi media fra quella delle due

ultime osservazioni cioè di $244 \cdot \frac{126}{2} = 185$; dunque

il rapporto delle quantità d' elettricismo del grosso e piccolo globo sarà $1 \cdot 85 : \frac{118}{20} = 31$. Nei 20 contatti

la perdita d' elettricismo cagionata dall' aria ambiente era di $\frac{1}{8} = \frac{4}{32}$: ma ciascun contatto toglieva $\frac{1}{31 \cdot 4}$ d'e-

lettricismo; dunque si può valutar questa perdita a 4 contatti; il che dà in tutto 24 contatti fra le due os-

servazioni, e perciò in un contatto medio $\frac{118}{24}$ sarà la

quantità d' elettricismo levata al piccol globo: dunque il rapporto delle quantità d' elettricismo del gros-

so e piccol globo è $185 : \frac{118}{24} = 37,6$. Dall' altra

parte il rapporto delle superficie è 62; dunque il rapporto delle densità sarà $\frac{37,6}{62} = \frac{1}{1,65}$. Ai dati di

questa esperienza applicando un calcolo più rigoroso si trova per il rapporto della densità de' due globi

$\frac{1}{1,67}$, risultato un po' differente da quello ottenuto per approssimazione.

IV.° Nel modo stesso paragonando due globi le di cui superficie erano :: 2304 : 1, si è trovato che il rapporto delle densità del grosso e piccol globo era di 2 : 1; il che è quasi il limite del rapporto della densità elettrica de' due globi separati dopo il contatto.

878. Dietro a quanto abbiamo detto si può formare la tavola seguente;

Rapporto de' raggi de' globi	Rapporto fra l'esten- sione delle superficie	Rapporto della densità elettrica fra il piccolo e il grosso globo
1	1	1
2	4	1, 08
4	16	1, 30
8	64	1, 67
⋮	⋮	⋮
∞	∞	2, 00

La qual tavola indica soltanto il rapporto delle densità elettriche dopo la separazion de' due globi, poichè vedremo che nel contatto la densità elettrica non è uniforme sopra ciascun globo.

879. *Distribuzione del fluido elettrico su differenti punti di due globi in contatto.* Per determinare la densità elettrica di differenti punti dei globi, basta portare al primo punto un piano di carta dorata di 4 in 5 lin. di diametro, isolato da un filo di gomma lacca. Indi si presenta alla bilancia che indica la forza elettrica di questo punto, si ripete la stessa cosa per ogni punto, e il paragen de' risultati dà il rapporto delle densità elettriche.

Quando due globi si toccano la densità elettrica deve esser minore sopra ciascuno di essi presso il punto di contatto, perchè la forza ripulsiva del fluido elettrico dell'altro globo è maggiore, comechè ella agisce ad una minor distanza; cosa confermata dall'esperienza. Coulomb ha trovato ancora che quanto più son disuguali i due globi, più varia la densità sul piccolo fra 0° e 180° del punto di contatto, e che più si avvicina all'uniformità sul globo grosso. Così

per es. avendo messo un globo d' 8 pol. in contatto con un globo di 2 pol. si è trovato, che la densità era insensibile nel piccol globo dal punto di contatto fino a 30° di questo punto; che a 45° del contatto era quasi $\frac{1}{4}$ di quella a 90° , e che da 90° fino a 180° ella cresceva nel rapporto di 10 : 14. Al contrario nel globo di 8 poll. la densità era nulla fino a 4° in 5° del punto di contatto, e in seguito cresceva rapidamente fino a 30° , e da questo punto fino a 180° compariva uniforme.

Quando si è posto fra due globi eguali un piccol globo ma più grosso del precedente, è chiaro che debbon prender tutti due la stessa densità elettrica perchè sono nelle stesse circostanze. Quanto al globo di mezzo il suo fluido elettrico è respinto da quello dei due globi estremi; dunque deve avere una minor densità soprattutto vicino ai punti di contatto. Se anche il globo di mezzo fosse assai piccolo, i due globi estremi dovrebbero costituirlo in uno stato opposto d' elettricità, e il calcolo dà il rapporto de' diametri dei globi affinchè ciò succeda. Intanto Coulomb ha trovato con l' esperienza, che quando il diametro del piccol globo era minore di $\frac{1}{6}$ del diametro degli altri due, era nulla la densità di questo globo; ma che comunque esso fosse piccolo, mai prendeva un' elettricità contraria a quella degli altri due globi. Ma quando si separano due globi elettrizzati, l' uno dei quali è assai più piccol dell' altro, il punto del primo che era in contatto, prende un' elettricità contraria a quella del sistema, e la conserva fino ad una certa distanza, in cui ella divien nulla: e allontanando anche di più i globi, questo punto prende la stessa specie d' elettricità del resto del globo.

Tutti questi risultati si spiegano facilmente per mezzo della legge, a cui son sottoposte le attrazioni e ripulsioni elettriche. E si può concluderne, che il fluido elettrico è distribuito sulla superficie de' cor-

pi, senza formare intorno ad essi un'atmosfera molto estesa.

880. *Distribuzione del fluido elettrico fra più globi eguali messi in contatto.* Coulomb ha posto sei globi ciascuno di 2 pol. di diametro in modo, che i loro centri fossero su una stessa linea retta; e con la bilancia ha sperimentata l'elettricità di ciascuno. Nel paragonarli a due a due ha trovato, che i globi i quali sono alla stessa distanza degli estremi, avevano la stessa densità elettrica, e che questa densità diminuiva nell'allontanarsi dagli estremi fino al mezzo dove ella era la più piccola. La densità del 1.^o stava a quella del 2.^o :: 1, 48 : 1, e a quella del 3.^o :: 1, 56 : 1; dunque la densità elettrica scema di $\frac{1}{3}$ dal primo globo al secondo, e soltanto di $\frac{1}{5}$ dal secondo al terzo. Il qual fenomeno si spiega anche con questi due principi: 1.^o che il fluido elettrico non penetra nei corpi: 2.^o che agisce in ragione inversa del quadrato delle distanze. Fece dipoi la stessa esperienza sopra una fila di 12 globi, ed ottenne 1, 5 per il rapporto delle masse o delle densità elettriche del primo e del secondo globo, e 1, 7 per il rapporto delle masse elettriche del primo e del sesto globo. E in una fila di 24 globi il rapporto delle quantità d'elettricismo del primo e del secondo globo era 1, 56, e quello delle quantità d'elettricismo del primo e del dodicesimo era 1, 75. Dunque si vede che qualunque sia il numero dei globi, la densità media del fluido elettrico sopra ogni globo scema assai dal primo al secondo, e pochissimo da questo fino al mezzo della fila.

881. *Distribuzione del fluido elettrico sopra più globi diseguali.* Mettendo due globi di 2 pol. di diametro in contatto con un globo di 8 pol. di diametro si è trovato, che la quantità d'elettricismo del piccol globo il più lontano dal grande era a quella del più vicino :: 2, 54 : 1. Con quattro globi di due pollici posti in serie con un globo di 8 pol. le quantità d'a-

lettricismo che prendevano il piccol globo, il più lontano dal grosso, e quello che ne era il più vicino, erano nel rapporto di 3, 4. E avendo posto 24 glòbi di 2 pol. di diametro in serie col globo grosso, Coulomb paragonando il 24.^{mo} piccolo globo, cioè l'ultimo della fila, con molti di questa stessa fila ebbe i risultati seguenti

L'elettricità del 24.^o
sta a quella del

23.^{mo} :: 1, 49 : 1

12.^{mo} :: 1, 7 : 1

2.^o :: 2, 1 : 1

1.^o :: 3, 72 : 1

del grosso :: 2, 16 : 1

882. *Distribuzion del fluido elettrico su un cilindro e su una sfera in contatto con dei cilindri.* Si isolò un cilindro di 2 poll. di diametro sopra 30 di lunghezza, e si fece lo stesso di quando si paragonò l'elettricità di differenti punti d'una sfera; ed eccone i risultati:

1.^o La densità del mezzo del cilindro sta a quella dell'estremità :: 1 : 2, 3.

2.^o La densità del mezzo del cilindro sta a quella di un punto a 2 poll. dall'estremità :: 1 : 1, 25.

3.^o La densità al mezzo del cilindro sta a quella di un punto situato sull'emisfero che termina il cilindro ad 1 pol. dalla sua estremità :: 1 : 1, 8.

Dal che si ricava, che su i due ultimi pollici dall'estremità del cilindro l'elettricità è molto maggiore che al mezzo del cilindro, ma che varia poco fra questi due limiti.

883. Si elettrizzò poi un globo isolato di 8 poll. di diametro e se ne provò la forza elettrica con farlo toccare da un piccol globo isolato, che quindi si portò nella bilancia. Si fece toccar questo globo da un cilindro di 2 poll. di diametro e di 30 poll. di lun-

ghezza, e dopo averli separati se ne fece la stessa prova. Ne risultò che la quantità del fluido elettrico del globo sta a quella del cilindro dopo la distribuzione :: 66 : 82 ovvero :: 1 : 1,21 (393).

E perchè la superficie del globo sta a quella del cilindro :: 64 : 60, però la densità del globo sta a quella del cilindro :: $\frac{1}{64} : \frac{1,21}{60}$ ovvero :: 1,29 : 1,

C A P. VI.

Della natura del fluido elettrico.

884. Se l'analisi e la sintesi sono i soli mezzi che posson condurci a conoscer la natura de' corpi, a questi mezzi o prove è finora stato refrattario il fluido elettrico malgrado tutta l'attività dei moderni Fisici. Perciò non possiamo nello stato attuale delle nostre cognizioni far'altro che presentare delle congetture assai azzardate sulla natura del fluido elettrico, cioè d'un fluido la cui esistenza medesima riposa su delle prove, che son molto lontane da quel rigore e da quella severità che con ragione richiede la Fisica d'oggi.

885. Henley pensa che il calorico combinato, il fluido elettrico ed il fuoco non sono che differenti modificazioni di un solo e medesimo elemento; il primo ci indica il suo stato di riposo, il secondo il suo primo grado d'attività, il terzo ce lo presenta in un'agitazione violenta (Cavallo l. c. ec.) Altri Fisici sospettano che il fluido elettrico risulti dalla combina-

(393) Piuttosto 1 : 1,24. E perciò qui sotto dovrà dirsi

$$\frac{1}{64} : \frac{1,24}{60} \text{ ovvero } :: 1 : 1,52 \text{ (S. 877).}$$

zione del fluido luminoso col gas idrogeno, sospetto non ancor confermato da alcuna esatta esperienza.

886. In tale stato di cose limitiamoci a far vedere che il fluido elettrico, il calorico e il fluido luminoso hanno delle proprietà comuni e delle proprietà che fra lor gli distinguono. Il fluido elettrico abbrucia i corpi e fonde i metalli come il calorico, si mostra come il fluido luminoso sotto la forma di fazzoletti e di brillanti scintille, è sparso dovunque come il calorico ed il fluido luminoso, e si provoca la sua azione con mezzi simili a quelli con cui si eccita l'azione del calorico. Questi due fluidi si muovon con più facilità ne' metalli e corpi umidi, che nel vetro e legno secco, ed hanno ambedue nei rigori dell'inverno più energia e attività che negli ardori dell'estate. Per altra parte il fluido elettrico spande un odore di zolfo o di fosforo, estraneo al fluido luminoso e al calorico; il calorico penetra le gran masse con molta lentezza, mentre il fluido elettrico le percorre con una rapidità inconcepibile; e i corpi riscaldati raffreddansi lentamente, mentre essi perdono subitamente tutta la lor virtù elettrica se comunicano con dei buoni conduttori: il vetro penetrato facilmente dal fluido luminoso è quasi impermeabile al fluido elettrico senza il soccorso dello stroppciamento: finalmente i corpi riscaldati o luminosi non han parte alcuna alla proprietà che hanno i corpi elettrizzati d'attrarre e respingere i corpi leggieri ad una distanza sensibile.

C A P. VII.

Dell' elettricità animale.

887. Chiamasi *elettricità animale* quella che si manifesta in più animali senza che lor si faccia provare l'influenza di alcun corpo elettrizzato.

888. Da gran tempo sulle coste della Francia si conobbe ciò nella razza detta *torpedine* perchè intormentisce la mano di chi la tocca (394).

Lo stesso accade nel *tremolante* del *Niger* e nell'*anguilla del Surinam*, il quale ultimo pesce intormentisce la mano di chi lo tocca più della *torpedine*.

Galvani ha fatto vedere, che quando si fan toccare i muscoli delle gambe ai nervi crurali d'una ranocchia di fresco spellata, l'animale prova una specie di convulsione. Lo stesso si ottiene col mettere in comunicazione il nervo col muscolo per mezzo di una sostanza muscolare, estranea all'animale che provar dee la convulsione. E Aldini nipote di Galvani ha di più richiamato l'attenzione de' Fisici col presentare sotto un nuovo aspetto l'esperienze di suo zio: 1.° eccita delle vive contrazioni col far comunicare il nervo al muscolo d'una ranocchia spellata, per mezzo di una catena di persone; 2.° presa la testa d'un cane o d'un animale qualunque decapitato, e toccando coi muscoli della ranocchia o la midolla spinale o i filetti nervosi della testa del cane da una parte, e dall'altra il muscolo del tronco del cane, vi è contrazione e ne' muscoli della testa del

(394) Oltre a Hunter e Redi e Lorenzini parla delle torpedini Spallanzani (Soc. Ital. T. 2. pag. 648, e T. 3. pag. 555, e Poli (*Fisica* §. 1438 ec.).

cane e nel tronco; 3.^o in simil modo ottiene gl'istessi effetti con uomini di fresco decapitati.

889. All'epoca della scoperta del poter della torpedine alcuni attribuiron questo fenomeno all'emissione di un' infinità di corpicciattoli, che di continuo partissero dalla torpedine con un' emanazione più rapida e più abbondante in certe circostanze, i quali insinuandosi nelle membra le intormentissero o perchè vi precipitavano in un numero eccessivo o perchè vi trovavano delle vie poco adattate alla loro figura. Altri facevan consistere l'azion della torpedine in uno scotimento speciale che imprimeva ai nervi, per cui ne risultava una sensazione più o meno viva secondo le circostanze. Schilling avea creduto riconoscere nell'anguilla di Surinam degli effetti magnetici sensibilissimi, i quali a tenore di accurate esperienze moderne sono oramai riguardati come illusorj.

890. Bancroft è il primo che abbia sospettata un'analogia fra i fenomeni della torpedine e dell'elettricità; sospetto giustificato ora pienamente dall'esperienze di Walsh, membro del parlamento d'Inghilterra. Fecce egli porre in cerchio molte persone, la prima delle quali comunicava con la faccia inferiore: tutte ne risentiron la scossa appena che l'ultima persona toccò con un eccitatore la faccia superiore. E quindi ponendo egli alla prova l'anguilla di Surinam fece vedere, in mezzo a un bujo profondo, delle scintille fra due corpi metallici situati ad una piccolissima distanza l'uno dall'altro e comunicanti con i corpi attraverso ai quali facevasi la scarica elettrica. Si pensa che i pesci dotati della virtù elettrica l'impieghino con destrezza per trasmettere attraverso all'acqua una scossa improvvisa ai pesci d'una specie diversa per farne la loro preda.

891. L'esperienze di Walsh parver decisive per l'opinione dei Fisici, i quali riguardavano le scosse date dai pesci elettrici come analoghe a quelle che ci fa provare l'esperienza di Leida. Ma al giorno d'og-

gi il Sig. Volta dà fuori una diversa opinione, e pensa che la pila elettrica deve esserne il vero termine di comparazione. Poichè fra le sostanze umide di cui è composto l'organo della torpedine, le une secondo lui son proprie a sviluppare l'elettricità col loro contatto reciproco, e le altre a diffonderla: cosicchè la sovrapposizione de' diversi strati formati da queste sostanze offre molti punti d'analogia con quella de' metalli e de' conduttori umidi che nella pila si succedono. Del resto è questa senza dubbio una semplice congettura che ha bisogno d'essere appoggiata da nuove esperienze fondate su una determinazione precisa delle sostanze che compongono l'organo de' pesci elettrici, e delle funzioni da loro esercitate (395).

(395) Credo che possa quì accennarsi qualche cosa dell'elettricità animale col notare almeno alcuni fenomeni speciali che ce la facciano in qualche modo conoscere. Strofinando al bujo contro pelo la schiena d'un gatto non ne escon numerose scintille? Ciò che ci racconta Ezechiele da Castro di una certa Cassandra Rambalda di Verona, a cui nel togliersi la camicia escivan delle vive scintille, non si racconta ancora dell'Emin. Card. Buoncompagni? È celebre il fatto della sfortunata Sig. Cornelia Bandi di Cesena accadutole la notte del 14 Marzo 1731 (notte tutta serena e senza mutazione alcuna nell'atmosfera) la quale fu la mattina trovata incenerita fuorchè le gambe, che era solita tener coperte nell'inverno, anche nel letto con calzette di seta. (V. le Opere di Maffei). Lo stesso avvenne in Parigi ad un'altra donna solita bere dello spirito di vino. Ed è pur notabile l'altro fatto accaduto nel 7 febbrajo 1804 narratomi dall'erudito Sig. Dr. Gio. Gualberto Uccelli (V. Giorn. Pis. T. VI. N.° 16 e 18). Si raccontano altri fatti simili. Si dovrà egli dire che la quantità d'elettricismo adunatasi nel corpo di queste due donne producesse un fulmine interno? Si dovrà egli dire che tutti questi ed altri simili fatti provano ad evidenza l'elettricità animale? Pare anzi che possa dirsi nascer molte apoplessie dall'elettricità. In fatti 1.° il cel. Baglivi ci dice che nel 1694 e 1695 dopo una gran siccità dell'estate, e gran

Dell' elettricità atmosferica.

892. **I** corpi che sottoponghiamo alle nostre prove, non hanno il privilegio esclusivo di dar de' segni d'elettricità. La potenza elettrica si manifesta in una maniera sensibilissima anche nell'aria, pioggia, neve, grandine, e nelle nuvole che girano nel seno dell'atmosfera. Tutte ricevono questa virtù dalle mani della natura per mezzi tuttora a noi incogniti, benchè l'esperienza di Lavoisier non ci lascin dubitare, che i corpi passando allo stato di vapore portan via alla terra una porzion del fluido elettrico che le è proprio. Se sulle prime l'elettricità atmosferica fu un semplice sospetto, prese il carattere di certezza quando Franklin elevò un apparecchio elettrico sin nelle regioni delle nu-

piogge dell'Autunno ed Inverno, regnò per tutta l'Italia e specialmente in Roma dove era allora Medico, un epidemia di accidenti apopleatici: 2.^o il Sig. Bruoe (*Voyage aux sources du Nil*) dice che nell'Abissinia e determinatamente a Sennaar alla regolarità delle piogge quando il sole è al tropico corrispondono le regolari apoplessie, che nel terzo giorno del planilunio con una febbre intermittente si dileguano: 3.^o nel Perù gli accidenti succedono ne' tempi burrascosi, e furon frequenti in Puglia nel 1791 dopo l'irregolarità dell'Aprile e del Maggio per i venti caldi del Sud, e nel Gennajo del 1774 in una notte e in un giorno morirono in Milano d'apoplessia 13 persone. Nei quali casi gioverà l'avvertire che generalmente libera dalla morte i pazienti l'uso degli strentoj ai nervi crurali con usar tutta la forza possibile, rimedio usato nelle frequenti apoplessie del Perù, per cui al dire dell' Ab. Luigi Marticoreno Exgesuita già Rettore del Collegio di Cusco nessun'apoplectico perisce. Se però vi sia accension di capo, rubescenza suboscura nel volto, palpitazione, interruzione di sonno, lassezza di persona, polso duro, pieno e frequente, nuoceranno le fregagioni e gioverà il levar sangue.

vole per rubare il fluido elettrico all'atmosfera, ed ottener senza macchine il più degli effetti da esse prodotti. E per quanto credesi fu Dalibard il primo che realizzò quest'idea ardita di Franklin, facendo presso a Marly-la Ville una capanna al di sopra della quale era fissata una sbarra di ferro di circa 40 pie. isolata a basso; la quale, passando in vicinanza una nuvola oraganosa, diede delle scintille nell'accostarvi un dito con riconoscervi tutti gli effetti dei conduttori metallici. Indi Romas s' inoltrò ad inviare verso una nuvola oraganosa un cervo-volante armato d'una sbarra terminata a punta. Richman poi Professore di Fisica in Pietroburgo fu vittima del suo zelo per l'avanzamento della scienza, giacchè fu colpito dal fulmine accanto all'apparecchio medesimo che avea disposto per ricevervi il fluido che lo generò. Tali esperienze che per esser pericolose non più in oggi si ripetono, hanno servito non solo a dimostrare l'analogia che passa fra i fenomeni del fulmine e gli elettrici, ma anche a somministrarci il mezzo di garantire i nostri palazzi dalle esplosioni del fulmine con esaurirè per mezzo di una verga di ferro terminata a punta e alzata sull'alto della Fabbrica, il fluido elettrico delle nuvole oraganose che vi passerebber vicine.

893. Ermann, che ha pubblicate delle belle ricerche sull'elettricità dell'atmosfera, nel divertirsi in campagna tenendo in mano l'elettrometro di Bennet, armato di un fusto di circa 3 pie., quando l'elevò prontamente da terra, osservò una gran divergenza delle foglie d'oro, e l'elettricità era positiva; e quando l'abbassò con la stessa celerità, la lor divergenza era pure molto considerabile, ma l'elettricità era negativa; quando l'alzò con lentezza, non vi fu elettricità: più che l'aria è isolante, vi è meno bisogno di alzare o di abbassare l'elettrometro. Il moto circolare ad un'egual distanza da terra non fa osservare alcuna elettricità; nè effetto alcuno produce il moto progressivo in un piano orizzontale: ma quando il terreno co-

mincia a alzarsi si osserva il fenomeno indicato: ed è cosa straordinaria che così ancora si possa fare una livellazione di suolo. I vapori poi che si elevan dalla terra danno sempre un'elettricità positiva, e la danno negativa sol quando i corpi donde provengono sono isolati, come è confermato da Lavoisier (§. 892). Ma la pioggia e la neve nel cadere danno un'elettricità negativa. Da tutto ciò Ermann ha creduto di poter rilevare, che un corpo isolato il quale con rapidità venisse ad elevarsi nella navicella di un pallon volante, acquisterebbe una grand'elettricità positiva, la quale nello scendere diverrebbe negativa. Che se l'elettrometro si pone vicino alla superficie terrestre, l'elettricità è meno sensibile. Finalmente due elettrometri posti nel medesimo strato d'aria e ad una certa distanza non danno segno alcuno d'elettricità, ma ne manifestano appena che si ravvicinan fra loro. Da tutto ciò Ermann concluse che tutti i corpi, anche quelli che sono in equilibrio con la terra, hanno delle atmosfere elettriche all'aria libera, da cui risulta una modificazione nel loro stato elettrico.

894. Anche altri Fisici per mezzo dell'elettrometro hanno fatto una serie di osservazioni sull'elettricità atmosferica (396). Ecco i risultati di quelle di Cavallo; 1.° nell'atmosfera esiste sempre più o meno elettricismo; 2.° l'elettricismo dell'atmosfera o delle nebbie sparse nell'aria è sempre positivo, perchè l'elettrometro è costantemente allo stato resinoso negativo, fuori de' casi in cui il suo stato è cangiato dall'influenza d'una nuvola oraganosa pianeggiante al

(396) Fra questi Fisici non debbon dimenticarsi i due cel. Italiani Beccaria e Giovane: dei quali il primo osservò avere l'elettricità un periodo giornaliero, e non trovarsi sensibile elettricità prima e dopo il levar del Sole; al qual proposito, il secondo diede la seguente tavola costruita sopra un migliajo d'osservazioni in due anni.

suo zenith: 3.^a l'elettricità in generale è nella sua maggior forza in un tempo frigido, e non è mai più

an. 1794-1795. *			
ore mat.	elettricità	ore ser.	elettricità
5 e 6	2, 5	1 e 2	5, 5
7 e 8	4, 1	3 e 4	5, 5
9 e 10	4, 6	5 e 6	4, 4
11. e 12	4, 6	7 e 8	4, 4
		9 e 10	4, 1
		11 e 12	2, 5
Genn. 6, 8	Apr. 4, 76	Lugl. 4, 86	Ott. 3, 99
Febb. 5, 64	Mag. 4, 57	Agos. 3, 45	Nov. 5, 76
Marz. 5, 16	Ging. 5, 9	Sett. 4, 45	Dic. 8, 5

Donde si rileva un flusso e riflusso annuo contrario al giornaliero, giacchè in questo il flusso è nell'ore più calde e il riflusso nelle più fredde, e nell'annuo il flusso è ne' mesi più freddi e il riflusso ne' più caldi. Di più Giovene osservò, che quando il tramontano fa alzare il barometro, l'elettricità è poca; ed è molta quando a ciel sereno il barometro scende: e però sull'esempio di Chiminello che costruì una curva dell'oscillazione diurna del barometro, costruir si potrebbe una curva del periodo diurno dell'elettricità. Anzi pensa, che la circolazione del fluido elettrico, il quale scappa dal Globo e si spande nell'atmosfera, e quindi da questa ripassa in quello, sia la causa della diradazione e condensazione del flusso e riflusso e del maggiore e minor peso dell'atmosfera, ossia delle variazioni barometriche (Opusc. Milan. T. 21). V. le riflessioni sull'elettricità atmosferica poste dal Dandolo in fine alla Lez. 27.^a della Fisica del Poli da lui commentata, e §. 1453.

debole ch'è in un tempo caldo è disposto alla pioggia: 4.° tutto il resto eguale, l'elettricità è altrettanto forte nella notte che nel giorno: 5.° l'elettricità atmosferica è più energica nei luoghi alti che nelle regioni meno distanti dalla superficie della Terra.

P A R T E III.

Dell' elettricità galvanica.

895. **L'** *elettricità galvanica* è quella proprietà che hanno le sostanze animali messe in contatto con i metalli, di provare un' irritazione manifestata da dei movimenti sensibilissimi.

C A P. I.

Origine dell' elettricità galvanica.

896. **L'** *elettricità galvanica* ha preso il nome da quello di *Galvani* a cui si è fatto l'onore di questa scoperta, benchè la sua vera origine rimonti all'anno 1767, epoca in cui *Sulzer* pubblicò l'esperienza seguente in un' Opera intitolata *Théorie générale du plaisir*. Si prendono due lame di differenti metalli, per esempio zinco e rame; se ne pone una sulla lingua e l'altra sotto in modo che esse oltrepassino l'estremità di questo viscere; si piegano in seguito l'una verso l'altra per i loro capi finchè si tocchino. Nel contatto si prova un sapore piccante, che *Sulzer* paragona al sapor che fa nascere la presenza dello zolfo di ferro; e questa sensazione è spesso accompagnata da una specie di lampo che sembra passare davanti agli occhi: al qual fatto, che in principio

non ebbe alcuna conseguenza, nel 1789 ne successe un altro, che fissò l'attenzione dei Fisici e diresse la loro attività verso questo genere di ricerche; cioè uno studente di medicina in Bologna nel far la sezione d'un topo vivo che egli teneva fisso con una mano, quando toccò con lo scalpello anatomico il di lui nervo diaframmatico, provò una commozione sì forte da intormentirgli la mano. L'azzardo non tardò a far nascere un tal fenomeno a Galvani professor d'Anatomia in Bologna. Su una tavola ove era una macchina elettrica, eran poste delle rane spellate. Un suo Giovane avvicinò la punta d'uno scalpello ai nervi crurali di una di esse, e subito tutti i di lei muscoli provarono delle forti convulsioni. Un'altro giovane credè d'aver considerato, che le convulsioni si eran vedute nell'atto di trarre una scintilla dal conduttore elettrico. Galvani ripetè l'esperienza ora col far concorrer la scintilla elettrica nell'atto d'applicar la punta dello scalpello sui nervi della rana, ora con impiegare separatamente o l'azion della macchina o quella dello scalpello, e vide che in quest'ultimo caso non avevan luogo le contrazioni; e che per farle comparire bastava la scintilla. Allora Galvani avendo fissato vicino al conduttore elettrico un fil di metallo isolato col condurlo in più luoghi della stanza, all'estremità del filo la più lontana dalla macchina attaccò un fusto metallico, a cui era sospesa per i suoi nervi crurali una rana preparata in modo che i suoi piedi erano in contatto con un corpo conduttore. Tosto chè dal conduttore elettrico si trasse le scintille, nella rana ebber luogo le contrazioni. Anzi Galvani per sapere a qual punto l'aria contribuisse al fenomeno, sospese una rana preparata ad un uncino metallico che calava in un recipiente di cristallo, e pose questo apparecchio sopra un bagno di mercurio presso una macchina elettrica. Al trarre le scintille dal conduttore si manifestarono al solito le convulsioni muscolari. E allora il recipiente che

rinchiudeva la rana fu posto sul piatto della macchina pneumatica, dove fatto il vuoto, si trasser poi le scintille dal conduttore, e si produssero le contrazioni. Queste esperienze furon variate in più modi da Galvani ora con la boccia di Leida ora col favor dell'elettricismo delle nuvole oraganeose, e si ebbe sempre il medesimo successo, giacchè tutti questi mezzi sono egualmente proprj a mettere in moto una certa quantità di fluido elettrico. Bensì i fenomeni precedenti non sono galvanici, ma sono elettrici, e noi qui gli ponghiamo soltanto perchè han servito a preparar la scoperta dell'elettricità galvanica.

897. Un giorno Galvani avea preso una rana con un uncino di rame fissato alla sua midolla spinale. Spinse quest'uncino contro la ringhiera di ferro del suo giardino, e nel ripeter questa operazione, vide più volte eccitarsi nella rana delle contrazioni, che egli sospettò essere estranee all'influenza dell'elettricità atmosferica. Onde per giustificare il suo sospetto trasportò nel suo gabinetto la rana appesa all'uncino di rame, e la pose su una lastra di ferro. Si rinnovarono le contrazioni tostochè l'uncino di rame cui era attaccata la rana, fu premuto contro la lastra di ferro. Allora Galvani colpito dal fenomeno, moltiplicò l'esperienze di tal genere, e i risultati che costantemente ne ottenne, lo condussero a far dipendere tutti questi fenomeni da una comunicazione stabilita fra i muscoli e i nervi di una rana mediante un arco metallico. Qui appunto comincia l'elettricità galvanica, e qui si trova la vera origine di questa nuova specie di fenomeni, i quali ora fissano l'attenzione dei Fisici, e il cui prospetto vedrassi nel capitolo seguente.

898. Per far nascer gli effetti del galvanismo si dee fare una comunicazione fra due punti di contatto più o meno distanti fra loro in una serie d'organi nervosi o muscolari, cosicchè il sistema di comunicazione rappresenti nel momento dell'azione un cir-

colo intero diviso in due parti, le cui intersezioni sono ai due punti di contatto: una di queste parti dicesi *arco animale*, l'altra *arco eccitatore*.

899. 1.° L'arco animale è composto d'organi nervosi o muscolari; e siccome i muscoli posson sempre riguardarsi come penetrati più o meno dai nervi che vi si distribuiscono, così se n'era concluso che gli organi nervosi formino la parte essenziale dell'arco animale: tuttavia vedremo fra poco non esser giusta questa conclusione. 2.° Fra gli organi muscolari dell'uomo e degli animali a sangue rosso il cuore è quello che più conserva l'eccitabilità galvanica. Infatti secondo l'esperienza di Nysten (*Journ. de Phys. Frimaire an XI. pag. 465*) il cuore d'un uomo decapitato era ancor sensibile all'azione galvanica 4 $\frac{1}{2}$ ore dopo la sua morte, e quello d'una rana 15 ore dopo la sua morte; dal che conchiuse che quest'organo dà il primo dei segni di vita come l'ultimo. 3.° Gli organi nervosi o muscolari non formano esclusivamente l'arco animale. Infatti Circaud (*ib. pag. 469*) ha fatto vedere che la parte fibrosa del sangue si contrae facilmente sotto l'influenza galvanica, dal che conchiuse che in tali esperienze la contrazione de' muscoli non vien dai nervi che vi son distribuiti, giacchè la parte fibrosa del sangue non ha nervi. 4.° Tutte le parti dell'arco animale debbon esser continue o contigue fra loro, sebbene basta la semplice contiguità per far nascere il galvanismo, mentre si vede che la sezione di un nervo o la sua allacciatura non interrompe l'arco animale, purchè le parti divise o legate restin contigue fra loro. 5.° La diversità delle parti che concorrono alla formazione di quest'arco, o che si prendano in differenti organi del medesimo individuo o in differenti individui, non interrompe punto l'integrità dell'arco, purchè le parti che lo formano conservin la loro contiguità. 6.° L'integrità dell'arco animale interrotta con la divisione di alcune delle sue parti e con un intervallo che le separa, si ristabilisce

con l'interposizione di alcune sostanze non animali e specialmente di sostanze metalliche, purchè in questa interposizione mantengasi costante la continuità di tutte le parti. 7.° Gli animali destinati alle prove galvaniche debbon essere spogliati della loro epidermide, la cui presenza scema l'energia del galvanismo.

900. L'arco eccitatore è composto per lo più di tre pezzi, due de' quali, messi in contatto con le parti dell'animale fra cui si fa la comunicazione, chiamansi *sopporti* o *armature*, e il terzo che serve a stabilir la comunicazione per mezzo della sua continuità con gli altri, porta il nome di *comunicatore*. Ora 1.° le sostanze le più proprie a formar l'arco eccitatore son quelle le quali son buoni conduttori d'elettricità galvanica. 2.° I tre pezzi componenti l'arco eccitatore son per lo più di metalli differenti, disposizione la più favorevole di tutte. 3.° Non è necessaria per i fenomeni galvanici la presenza di tre metalli differenti, perchè se si dà per sopporto al muscolo d'una rana scorticata un pezzo d'argento o di stagno, restandone nudo il nervo, e se si tocchi con un comunicatore metallico da una parte il nervo nudo, e dall'altra il pezzo posto sotto il muscolo, la convulsione ha luogo nel muscolo. 4.° L'arco eccitatore può esser composto d'un solo metallo e formato d'un solo pezzo. Infatti secondo Humboldt basta disporre le parti di una rana scorticata sopra un bagno di mercurio purificato e asciutto, in modo che il nervo libero e la carne muscolare vengano insieme a toccar la superficie del mercurio. Nel momento del doppio contatto la convulsione si manifesta nella coscia. Si ha lo stesso col disporre il doppio contatto alla superficie d'un solo pezzo d'argento, di piombo ec. 5.° Si possono ottenere delle contrazioni muscolari senza il soccorso d'alcun metallo, ma allora questo fenomeno è estraneo all'elettricità galvanica.

901. Si possono variare in diverse maniere simili esperienze. Dopo aver posto su un sopporto d'argento

una capsula di zinco o di stagno piena d'acqua, se si tocca l'argento con una mano ben bagnata, e l'acqua con la punta della lingua, se ne riceve l'impressione d'un sapore acido. Se si applica un pezzo d'argento sopra un occhio, e si tocchi l'argento con una verga di zinco che comunica con l'alt'occhio, se ne riceve l'impressione d'un lampo (397).

902. *Osservazioni.* 1.^a Diverse cause si combinano per aumentare o diminuire l'influenza galvanica. L'esperienza dimostra che si eccita per mezzo dell'esercizio, si esaurisce con la continuità del moto, e s'impedisce col riposo. Ma la scintilla elettrica ristabilisce la suscettibilità degli animali spossati dalle prove ripetute. 2.^a L'alcool e l'acido muriatico son contrarj alla produzione de' fenomeni galvanici. 3.^a L'azione del galvanismo è nulla sugli animali soffogati dal vapor del carbone o dal gas idrogeno solforato, e produce il suo effetto sugli animali periti sotto il recipiente della macchina pneumatica, nel gas idrogeno, nel gas acido-solforoso ec. ec. (398).

903. Tali sono i principali fenomeni del galvanismo; ma il desiderio di conoscerne la causa ne ha fatti nascere degli altri assai più importanti che ora espor-

(397) Si ha anche un sapore acido o un lampo, se 1.^o messo un pezzo di zinco sotto la punta della vostra lingua e un pezzo d'argento sopra gli fate toccar fra loro (invertendo il luogo ai due metalli ne proverete un sapore urente e alcalino); e se 2.^o posto un metallo all'angolo interno dell'occhio e un altro metallo fra il labbro inferiore e la mascella, gli ponete a contatto fra loro.

(398) 4.^a Il fenomeno delle contrazioni muscolari (§. 897) vien prodotto da tutti i metalli, e anche dal carbone, dalla piombaggina ec. (§. 900); ma è meglio usare zinco messo in comunicazione o con oro, o con argento o con rame: 5.^a anche sul corpo vivo si hanno gli stessi fenomeni, come sopra se stesso sperimentò Humboldt, il quale sulle piaghe fattegli da due vasciatorj si fece applicare due lastre di metallo con provarne un acuto dolore.

temo. Galvani riguardava la contrazione muscolare come la parte essenziale dei fenomeni galvanici, e per ispiegarli supponeva l'esistenza d'un fluido particolare inerente alle parti animali, da lui chiamato *fluido galvanico*. E Volta pretende che l'arco animale introdotto nell'esperienze galvaniche serva solo a riceverne l'influenza e non a produrla: onde riguarda la contrazione de' muscoli come un effetto secondario, a cui dà origine il contatto scambievole dei due metalli componenti l'arco eccitatore. Anzi Volta per appoggiar la sua opinione immaginò un apparecchio ingegnoso noto sotto il nome di *Pila di Volta*, la cui invenzione farà epoca nella Storia della Scienza e di cui deve ora parlarsi con qualche dettaglio.

904. *Pila Voltaica e fenomeni che ne dipendono.* Questa Pila (fig. 149) è per lo più composta di lastre di rame grosse alcuni millim., su ciascuna delle quali, che qui son indicate dalla lettera *a*, riposa una lastra di zinco indicata dalla lettera *z*, e ogni coppia di lastre, che riguardasi come un degli elementi della Pila, è separata da un conduttore umido *c* fatto di cartone o di panno imbevuto d'una soluzione salina, e il cui diametro non deve mai ecceder quello delle lastre metalliche. Per maggior semplicità le lastre componenti ogni coppia, sono unite strettamente con una saldatura (399).

(399) Le coppie debbon porsi nell'ordin medesimo, onde se il vertice comincia con rame, la base dee terminare con zinco, senza che questo ivi abbia a contatto il conduttore bagnato; le quali due estremità chiamansi *polo rame* e *polo zinco*. Per produrre con la *pila voltaica* o *batteria galvanica* effetti alquanto considerabili dee essa avere almeno 60 coppie, larghe quanto una moneta di 10 paoli. Inoltre è per lo più disposta in modo da esser affatto isolata; e fra coppia e coppia si pone una lastra di latta battuta armata di un gangetto, a cui si attaccan de' fili di metallo per l'esperienza.

905. Volta ha anche costruito un altro apparecchio conosciuto sotto il nome di *corona di tasse* (fig. 150.) per mezzo di un seguito di vasi di vetro pieni d'acqua fino a una certa altezza, che comunicano insieme per via d'archi metallici, i quali hanno una lastra d'argento o di rame saldata a un loro capo, e una lastra di zinco saldata all'altro capo, con disporre ognuno di questi conduttori in modo, che il rame o l'argento sia immerso nell'acqua contenuta in un vaso, e lo zinco nell'acqua contenuta nel vaso seguente. Oltre di che in ogni vaso vi è una lastra di rame o d'argento e una di zinco, che appartengono a due diversi conduttori tenuti in qualche distanza. Ne risulta esser la stessa, come nella pila, la successione de' metalli e dei conduttori umidi.

906. Cruiskank ha dipoi immaginato di ordinare i metalli componenti le batterie galvaniche in una tinozza di legno ben incollata e serrata nel fondo, nella quale si fanno delle divisioni per $\frac{1}{3}$ di poll. distanti l'una dall'altra (fig. 151); in ognuna di esse si fissan col mastice delle lastre quadrate di zinco e di rame saldate insieme, in guisa che lo spazio fra ogni coppia di lastre formi una celletta destinata a ricevere un liquido. Quest'apparecchio ha sulla pila il doppio vantaggio e che meglio vi si dispongono le coppie metalliche e che ha maggiore attività della pila.

907. Ora la pila elettrica è divenuta fra le mani de' Fisici una specie di nuova macchina elettrica, che ha dato origine a varj fenomeni considerabili. 1.° Prende con una mano una piccola boccia di Leida, e applicando per alcuni minuti il suo bottone alla superficie inferiore o superiore della pila con applicare nel tempo stesso l'altra mano all'altra estremità, il bottone della boccia in contatto col botton della pila corrispondente allo zinco, riceve la proprietà di respingere nell'elettrometro di Coulomb il disco carico d'elettricità negativa, e d'attrarre nel medesimo

elettrometro il disco carico d' elettricità positiva. Se si pone lo stesso bottone alla punta della pila che corrisponde all' argento (o rame), acquista la proprietà di respingere il disco carico di elettricità positiva e di attrarre il disco carico d' elettricità negativa : donde risulta che l' estremità della pila corrispondente allo zinco comunica alla boccia le proprietà attrattive e repulsive che caratterizzano l' elettricità negativa, e che l' estremità corrispondente all' argento comunica alla boccia le proprietà che distinguono l' elettricità positiva.

II.° Quando si toccano nel tempo stesso le due estremità della pila con un medesimo fil di ferro, nel momento del contatto s' eccita una specie di scintilla, composta d' un punto luminoso e di una gerba rossiccia, che spande raggi per ogni senso intorno al punto luminoso, come per deflagrazione. Queste sorte di scintille hanno probabilmente per causa la combustion dei fili, perchè le danno i soli metalli ossidabili.

III.° Si bagnino per l' intero le due mani, e si tocchino con un dito da una parte e dall' altra l' estremità della pila, i di cui cartoni siano imbevuti di una dissoluzione di muriato d' ammoniaca : nel momento del contatto si prova una scossa, che si estende fino al gomito. Se la mano fosse asciutta, non si avrebbe scossa. Quando per toccar la pila si prende un tubo metallico bagnato, e grosso da riempire intieramente la mano, l' effetto cresce in attività e in energia. Se più persone con tenersi per la mano in modo, che la prima e l' ultima entrino in contatto con l' estremità della pila, tutte insieme provano la scossa, quando il numero delle persone sia piccolo, e le mani di tutte siano ben bagnate: ma l' intensità di azione scemando a misura che si aumenta la quantità degli intermedj, ella cessa di esser sensibile quando questi intermedj son portati a un certo numero, che l' esperienza sola ci fa conoscere. Bensì si può dare alla scossa un nuovo grado d' attività con isolar le persone che forman la catena.

908. Intanto varj Fisici si son occupati in aumentare gli effetti della pila ora con moltiplicarvi il numero delle coppie metalliche ora con dar loro molta superficie. Van-Marum ha fatto vedere, che data la stessa grandezza di superficie, la forza delle scosse cresce col numero delle lastre; e Pepys ha provato, che dato lo stesso numero di lastre, la grandezza della lor superficie dà alla pila una mirabile attività per bruciar de' fili o delle lame metalliche. E fra poco vedremo, che il numero e la grandezza delle lastre hanno molta influenza sulla decomposizion degli alcali e delle terre.

909. Ma la pila di Volta ha gli inconvenienti, che la sua azione non è permanente, e che fortemente s'ossidano i metalli componenti la pila, e con gran pena vi si distrugge la marca dell'ossidazione. Ora, giacchè secondo Volta il cartone o il panno bagnato non ha altra influenza su i fenomeni della pila che quella di dare al fluido elettrico un passo libero e facile, era naturale il cercar di sostituirvi un buon conduttore non umido, e così costruir delle pile con sole sostanze asciutte. Tuttavia gli sforzi di chi si è occupato di quest'oggetto non hanno ancora avuto alcun successo. L'efficacia delle pile, interamente o a secco o a umido, finora scoperte, è tuttora equivoca o almeno sì debole, che non si può sperarne un vantaggio reale per la scienza.

Già si sa che la presenza di due metalli non è necessaria per la formazione della pila; giacchè Davy ha costruito un'apparecchio galvanico con l'alternativa di lastre di stagno e di strati d'acqua e di una soluzione di potassa, e Gautherot con dischi di carbone, di carta bagnata, di scisto, ha fatto una buona pila.

Molto aumentan l'attività dell'apparecchio le dissoluzioni di zolfato d'allumina, di muriato di soda, e più di muriato d'ammoniaca, perchè queste sostanze saline secondo Volta aumentan molto la facoltà conduttrice dell'acqua che le tiene in dissoluzione.

È poi necessaria la presenza dell'aria intorno alla pila per la produzione de' fenomeni, poichè divengono nulli per l'immersione della pila nell'acqua, e sotto la campana pneumatica soffrono un'alterazione tanto maggiore quanto più perfetto è il vuoto.

910. *Pila secondaria*. Ritter ha dato questo nome ad una pila che non s'elettrizza per se medesima, ma che riceve la virtù elettrica quando si fa comunicare con una pila Voltaica.

911. Quanto alla sua costruzione la pila secondaria differisce dalla Voltaica sol perchè in questa le coppie metalliche son composte di lastre di differenti metalli, mentre nelle pile secondarie le due lastre componenti ogni coppia sono di un solo e medesimo metallo (400).

912. Questa colonna si pone in vicinanza di una pila elettrica in attività, e si stabilisce la comunicazione fra le estremità rispettive de' due poli: qualche minuto dopo si tolgono con delle pinnette isolate i fusti che facevan comunicare le due pile; e così si vede che la colonna a un sol metallo ha acquistato le stesse proprietà della pila elettrica, cioè produce il lampo, il sapore, le scosse, la decomposizione dell'acqua ec., sebbene perchè la pila secondaria non ha in se la facoltà elettromotrice, scemano questi effetti a poco a poco e tosto finiscono con lo sparire interamente.

Se per mezzo di un buon conduttore si esamina lo stato elettrico di ogni estremità della pila secondaria, si trova che ogni polo gode della stessa elettricità di quello della pila elettrica con cui comunica; e se si fanno delle nuove comunicazioni diverse dalla prima, gli effetti son relativi ai cangiamenti procurati.

(400) Ritter compose la sua di 32 dischi di rame e 32 di cartone bagnato, con porre fra 16 e 16 dischi di rame di seguito tutti insieme i 32 dischi di cartone.

C A P. III.

Teoria dell'elettricità galvanica:

Fra il gran numero di fenomeni spettanti al galvanismo alcuni appartengono alla classe de' fenomeni ordinarij, come appunto sono le contrazioni provate da una rana di fresco scorticata, al presentarvi soltanto il nervo al muscolo, o al comunicarvi il nervo col muscolo per mezzo di una sostanza muscolare, straniera all'animale che sperimenta la contrazione: fenomeni che hanno avuto il lor posto nel Capitolo dell'*elettricità animale* (401).

913. Ma quanto alle contrazioni provate da una rana o da un animale qualunque, che per esser prodotte esigono che l'arco eccitatore sia composto di due metalli di diversa natura, è chiaro che lo sviluppo dell'elettricità vien determinato dal contatto de' metalli, e che l'animale serve soltanto a riceverne l'influenza e a palesarne l'effetto.

914. Vediamo ora come Volta spiega i fenomeni relativi all'elettricità sviluppata dal contatto di due metalli eterogenei. Quando per la sua estremità rame si tiene, dice egli, una lama metallica formata di due metalli, rame e zinco, saldati insieme, una parte del suo fluido elettrico passa nella lama opposta che è zinco: ma se questo zinco è in contatto immediato

(401) Ormai è dimostrato esser identico il fluido elettrico ed il galvanico, dalle nuove esperienze fatte dal Prof. Confagliazzi e pubblicate in Pavia (an. 1814) in una sua ben intesa memoria. Anzi sembra anche opinion dominante fra i Chimici moderni, che l'affinità chimica è identica coll'attrazione elettrica galvanica, almeno secondo quanto pare che portino le idee nuove di Oersted presentateci da Thompson (*Biblioth. britan.* T. 58. an. 1815).

col condensatore che è pur di rame, questo tende a scaricarsi del suo fluido con un' egual forza, e lo zinco non può per niente trasmetterglielo; onde dopo il contatto deve trovarsi nello stato naturale. Che se si pone una carta bagnata fra lo zinco della lastra ed il piatto di rame del condensatore, la facoltà motrice dell' elettricità che sussiste solo al contatto, resta distrutta fra questi due metalli. L' acqua che sembra godere ad un grado assai debole di questa proprietà relativamente alle sostanze metalliche, non resiste quasi mai al passaggio del fluido dallo zinco al condensatore; e questo può acquistare l' elettricità positiva. Finalmente se si tocca il condensatore con l' estremità della lama che è di rame, l' interposizione della carta bagnata la cui azione è debolissima, non impedisce al piatto metallico di far passare una parte della sua elettricità positiva nelle lame di zinco; perciò distruggendo il contatto, il condensatore dee trovarsi carico d' elettricità negativa.

915. Una tale spiegazione è fondata sull' esercizio di una forza motrice, che determina una parte del fluido elettrico del rame a passar nello zinco: astraendo da questa forza non ancora ben nota limitiamoci, come già facemmo nello spiegare i fenomeni dell' elettricità ordinaria, al semplice racconto dei fatti. Perciò esprimo per 1 l' elettricità sviluppata dal contatto dei due dischi isolati, l' uno di zinco e l' altro di rame, la quale distribuendosi egualmente fra loro dà $\frac{1}{2}$ per la quantità di fluido d' ogni disco; e se per distinguer la frazione che indica l' elettricità negativa, noi le diamo il segno negativo, lo stato elettrico dello zinco sarà rappresentato da $+\frac{1}{2}$ e quello del rame da $-\frac{1}{2}$, la differenza de' quali due stati è 1, differenza costante quand' anche per l' effetto di alcune circostanze le quantità assolute di fluido variano ne' due metalli. Ora essendo i due dischi nello stato da noi supposto, facciam comunicare il disco di rame con i corpi circonvicini, esso tende subito a ripren-

dere una quantità di fluido V proprio a neutralizzare il suo fluido R, però il suo nuovo stato è 0. Ma se lo zinco il di cui stato era $+\frac{1}{2}$, non provava alcun cangiamento, la differenza fra gli stati dei due dischi sarebbe $\frac{1}{2}$, mentre che abbiám veduto dover essere 1; dunque lo zinco deve acquistare a spese del terreno una nuova quantità di fluido V eguale a quella che già aveva, e allora lo stato del rame essendo sempre 0, quello dello zinco sarà 1. Ben si vede che se si facesse comunicare lo zinco con i corpi circonvicini, il suo stato diventerebbe 0, e quello del rame sarebbe — 1. Attualmente se separiamo i dischi per mezzo di un corpo imbevuto d'acqua, che è un buon conduttore senza essere elettro-motore, trasmette il fluido da un metallo all'altro, e la repartizione succede come ne' casi ordinarij. Pertanto dobbiam distinguere due casi d'equilibrio, l'uno al contatto, e l'altro ad una distanza con l'interposizione d'una sostanza umida. Il primo esige una differenza di stato eguale ad una costante fra i metalli eterogenei, e il secondo, tutto il resto essendo eguale, esige che sia lo stesso lo stato elettrico dei metalli. Posto ciò se tenendo per la sua estremità rame una lama metallica formata di due metalli, rame e zinco, saldati insieme, lo zinco si trova in un contatto immediato col condensatore che è rame, e questo non può caricarsi; poichè lo stato del rame che si tiene in mano è 0, e lo stato dello zinco è 1. Ma deve anche esser 1 la differenza fra lo stato dello zinco e quello del condensatore che è rame; dunque deve essere 0 lo stato del condensatore e però non può caricarsi. Laddove se io pongo una sostanza umida fra lo zinco della lama metallica e il piatto di rame del condensatore, questo acquisterà l'elettricità positiva. Infatti lo stato del rame che si tiene in mano è 0, e lo stato dello zinco è 1; ma lo zinco non è separato dal piatto rame del condensatore che dà una sostanza umida, dunque deve esser lo stesso il loro stato elettrico, e però

Il piatto del condensatore dee caricarsi d' elettricità positiva.

916. Per ispiegare gli effetti della pila elettrica supponghiamola in principio isolata, e composta di un solo paio di dischi rame e zinco. Lo stato del rame è $-\frac{1}{2}$, e quello dello zinco $+\frac{1}{2}$. Frattanto ponghiamo sopra il disco superiore che è zinco, un conduttore umido, e su questo ponghiamo un disco di rame. Giachè lo stato elettrico di quest' ultimo deve esser lo stesso di quello dello zinco, da cui è separato per mezzo d' una sostanza umida, perciò basterebbe che il fluido dello zinco che è $+\frac{1}{2}$ si distribuisse in modo, che lo stato dello zinco, divenisse $\frac{1}{4}$, e quello del rame superiore similmente $\frac{1}{4}$. Ma lo stato del disco di rame inferiore essendo $-\frac{1}{2}$, si vede che la differenza fra gli stati dei due primi dischi non eguaglierebbe 1, ma $\frac{3}{4}$; dunque deve stabilirsi fra i tre dischi una nuova distribuzione di fluido, in virtù della quale lo stato del disco di rame inferiore sarà $-\frac{2}{3}$, quello dello zinco $+\frac{1}{3}$ ($= -\frac{2}{3} + 1$), e del pari quello del rame superiore $+\frac{1}{3}$. (Ed ecco l' equilibrio). E se noi aggiungiamo un quarto disco che sarà zinco, dovrà avere un' unità di più del disco (rame) sul quale riposa; il che esige una nuova distribuzione di fluido, in guisa che si avrà -1 per il disco di rame che è posto sull' isolatore, si avrà 0 per il disco seguente che è zinco, e 0 per il terzo disco che è rame, ed 1 per il quarto che è zinco. Il ragionamento medesimo conduce a determinare gli stati elettrici delle differenti parti di una pila, qualunque sia il numero dei dischi che la compongono. La quantità d' elettricità positiva e quelle d' elettricità negativa formeranno due progressioni aritmetiche, in ciascuna delle quali l' unità sarà la differenza fra due termini consecutivi. Se il numero dei dischi è pari, si ottiene lo stato del primo, cioè di quello che tocca immediatamente l' isolatore, col dividere il loro numero per 4, e col dare al quoziente il segno negativo. Per es. siano 24 i dischi; per esser

— 6 lo stato del primo, per le differenti coppie si ha successivamente — 6 — 5, — 5 — 4, — 4 — 3, — 3 — 2, — 2 — 1, — 1 + 0, 0 + 1, 1 + 2, 2 + 3, 3 + 4, 4 + 5, 5 + 6; nel qual caso la somma delle due progressioni è sempre 0, il disco inferiore che è rame e il disco superiore che è zinco, son sempre in due stati eguali ed opposti d' elettricità, e si ha lo stesso per due dischi qualunque, presi ad egual distanza dall' estremità. Oltre di che l' azione divien nulla avanti il passaggio dell' elettricità negativa alla positiva, di modo che i due dischi che si trovano nel mezzo della pila sono nello stato naturale.

Quando il numero de' dischi è caffè, si ottiene lo stato del primo con aggiungere al quarto di questo numero preso col segno negativo l' unità divisa per 4 volte il medesimo numero. Per es. il numero de' dischi

sia 15; è lo stato del primo $-\frac{15}{4} + \frac{1}{60} = -\frac{56}{15}$; così

si avrà successivamente per i dischi differenti $-\frac{56}{15}$,

$-\frac{41}{15}$, $-\frac{41}{15}$, $-\frac{26}{15}$, $-\frac{26}{15}$, $-\frac{11}{15}$, $-\frac{11}{15}$, $+\frac{4}{15}$,
 $+\frac{4}{15}$, $+\frac{19}{15}$, $+\frac{19}{15}$, $+\frac{34}{15}$, $+\frac{34}{15}$, $+\frac{49}{15}$, $+\frac{49}{15}$.

In tutti i casi simili la somma totale è parimente 0 (402). Supponendo ora che l' estremità inferiore della pila comunichi col serbatoio comune, il primo disco che è rame, e il di cui stato era $\frac{3}{4}$ quando la pila era isolata, prende dal suolo ciò che gli manca di fluido per passare allo stato naturale, e il suo stato diviene 0; lo stato del secondo disco che è zinco diviene 1; quello del terzo disco rame, che è separato dal secondo con un conduttore umido, è 1; quello del quarto disco zinco, che è in contatto immediato col

terzo, divien 2; lo stato del quinto disco rame, separato dal precedente con una sostanza umida, è 2; lo stato del sesto che è zinco, divien 3 ec. Così si avrà successivamente per i differenti dischi componenti una pila non isolata 0, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, ec. Dal che segue che gli stati di ogni specie di metallo formano una progressione aritmetica, il di cui primo termine è 0 per il rame, e 1 per lo zinco, e in cui è sempre 1 la differenza fra due termini consecutivi (403).

Da quanto abbiamo detto finquì si deduce 1.^o che gli aumenti di densità elettrica nei differenti dischi, andando dal mezzo verso le estremità in una pila isolata e dalla base al vertice in una pila non isolata, dipendono dalla conduttricità della sostanza umida che separa ogni coppia di dischi, perchè se una pila non isolata fosse unicamente composta di dischi di rame e di zinco, cominciando dal primo, gli stati elettrici de' suoi diversi elementi, sarebbero rappresentati dalla serie $0 + 1$, $0 + 1$, ec.; e nel caso dell'isolamento della pila la serie diventerebbe $-\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$ ec.: 2.^o che quanto più la sostanza umida separante le coppie è buon conduttore, tanto maggior virtù ed energia aver deve la pila; onde per lo sviluppo dell'elettricità l'acqua pura è meno propria dell'acqua che tiene in dissoluzione una sostanza salina.

Qui paragoniamo la pila isolata con quella che non lo è rapporto ai loro effetti per caricare il condensatore. Se si fa comunicare il vertice di una pila isolata col piatto di rame del condensatore, questo prenderà dalla pila una porzione di sua elettricità, e così determinerà una variazione nelle quantità di fluido dei differenti dischi finchè venga ristabilito l'equilibrio: dove si vede che l'isolamento della pila

(403) V. Fischer, *Phys. Mec.* pag. 310 ec. e 319 ec.

limita la carica del condensatore. Al contrario se la pila comunica per mezzo della sua base con i corpi circonvicini, riprende dal suolo altrettanto fluido quanto ne cede al condensatore, onde la densità elettrica del disco superiore resta la stessa, mentre il condensatore riceve successivamente una quantità di fluido proporzionale alla sua capacità e al suo potere condensante: perciò la carica del condensatore deve esser più forte, tutto il resto essendo eguale, quando la pila non è isolata che nel caso dell'isolamento.

917. Finalmente Van-Marum ha osservato, che una pila isolata produce effetti più sensibili di una pila non isolata, e che nel primo caso le scosse specialmente eran fortissime. Per sentirne la ragione consideriamo la pila ora isolata, ora non isolata. Nel secondo caso quando toccando con una mano il disco superiore della pila si porta l'altra mano al disco inferiore, ella dal vertice si scarica del fluido sovrabbondante dei suoi dischi differenti; ma nel tempo stesso ripara le sue perdite a spese del suolo, e si stabilisce una corrente elettrica non interrotta, che si distribuisce fra il suolo e gli organi, e che in questi eccita secondo le circostanze una più o meno viva impressione. Dovechè nell'ipotesi dell'isolamento della pila la sua metà superiore è allo stato positivo, e l'inferiore al negativo; e questa a spese degli organi riprende il fluido V che le manca per farla ripassare al medesimo stato di quando non era isolata: nel qual caso la circolazione si stabilisce a traverso agli organi come quando la pila non era isolata, i quali per esser conduttori meno perfetti del suolo fan sì, che una pila isolata si ricarichi meno presto di quando non è isolata; e però la scossa deve essere meno viva. Ma dall'altra parte il moto del fluido è più rapido nel primo istante quando la pila è isolata; del resto l'azion della scarica è più concentrata perchè il suo effetto non si distribuisce fra il suolo e gli organi come nella pila non isolata.

918. Nello stabilir la legge relativa ai diversi stati de' dischi che si succedono nella pila voltaica, abbiám supposto 1.º che l'eccesso d' elettricità dello zinco sul rame è costante per questi due metalli, sieno o nò nello stato naturale; 2.º che l'acqua è un perfetto conduttore, cosa non esatta anche quando questo liquido tiene in dissoluzione delle sostanze saline: 3.º che l'acqua non gode assolutamente d'alcuna facilità elettro-motrice quando è in contatto con sostanze metalliche, cosa che non sembra punta probabile. Dunque bisogna tentare delle nuove esperienze, che ci faccian valutare con esattezza l'influenza dell'acqua e delle sostanze saline su' fenomeni della pila, e i risultati che se ne avranno faranno senza dubbio provare alla legge da noi esposta, modificazioni tali che la ravvicineranno alla legge della natura.

C A P. IV.

Dell'influenza dell'elettricità galvanica sopra i fenomeni chimici.

919. 1.º In un tubo pieno d'acqua e turato ermeticamente s'immergano da una parte e dall'altra de' fili d'uno stesso metallo, e dopo avergli fissati ad una distanza di circa 5 lin. si mettano in contatto ciascuno con una delle estremità della pila. Quello che tocca l'estremità zinco della pila in ogni strato, si copre di bolle di gas idrogeno, mentre quello che è in contatto con l'estremità argento, s'ossida se è ossidabile, o se non lo è si copre di bolle di gas ossigeno; i quali effetti son tanto meno sensibili, quanto è più piccolo il diametro del tubo, come dice Gautilerot, e lo conferma l'esperienza. Sopra ciò Cruikshank ha osservato, che l'acqua in cui è immerso il filo positivo, diviene un poco acida, mentre quella che tocca il fil negativo, è impregnata d'un pò d'alcali.

II.° I gas le di cui basi costituiscono l'acqua, possono esser prodotti separatamente da due quantità d'acqua differenti, che non sono in contatto immediato come ce l'ha fatto vedere Davy. Prendansi due tubi di vetro di circa $\frac{1}{8}$ di pol. di diametro, e lunghi circa 4 poll.; si muniscano con un filo metallico, una parte del quale entri nel tubo, con sigillarlo ermeticamente a questo capo; si riempiano poi per l'altro oaso aperto d'acqua stillata; e dopo averli immersi in vasi separati pieni del medesimo liquido per mezzo d'un buon conduttore si mettano in comunicazione questi liquidi, indi si mettano in contatto i fili metallici che escon fuori de' tubi, l'uno col polo positivo e l'altro col negativo della pila. Alla fin dell'esperienza si trova del gas ossigeno nel tubo positivo, e del gas idrogeno nel negativo.

Questi due gas provengono necessariamente dalla stessa quantità d'acqua contenuta nel tubo positivo o nel negativo: nel primo caso il gas idrogeno trovato nel negativo deve esser passato invisibilmente dal tubo positivo al negativo per mezzo del corpo conduttore che fa comunicare i fluidi de' due vasi, e nel secondo caso è il gas ossigeno quello che deve essere stato trasmesso invisibilmente dal tubo negativo al positivo; la qual'esperienza dimostra il trasporto degli elementi di una combinazione a una distanza considerabile a traverso a delle sostanze conduttrici, e sotto una forma che sfugge affatto l'attività de' nostri organi.

Una pila composta di 50 paja di lastre, di circa 50 mill. quad. ciascuna, basta per separare gli elementi dell'acqua; ma ci vogliono apparecchi assai più potenti per i composti chimici come gli alcali e le terre. Davy non ha potuto decomporre la potassa, che con una pila di 100 paja di lastre di 150 millim. quad. ciascuna; e per effettuar la separazione de' principj componenti la silice vi bisognò un apparecchio di 500 paja di lastre eguali all'antecedenti (Lib. X).

920. Berzelius e Hisinger avevano osservato, che quando si galvanizza dell'acqua, si separano non solo i suoi principj elementari, ma ancor quelli delle sostanze che vi son disciolte, di modo che passano al polo negativo i corpi infiammabili, gli alcali e le terre, mentre si portano al polo positivo l'ossigeno, gli acidi, e gli ossidi. Questa osservazione fece nascere in Davy l'idea di far provare agli alcali e alle terre l'influenza dell'elettricità galvanica, come già abbiain veduto nel parlare di queste sostanze. Ma egli volendo provare anche lo zolfato di potassa ne ebbe una decomposizione completa, giacchè tutto l'acido solforico passò al polo positivo e la potassa al negativo; come pure decomponendo col mezzo medesimo lo zolfato di barite, il fluato di calce e diversi sali metallici, i fluidi sempre vennero trasportati al polo positivo, e al polo negativo passarono le terre ed i metalli.

Questi fatti somministrarono la spiegazione d'un fenomeno, tentata invano da Fisici. Si trattava di sapere, perchè l'azione dell'elettricità galvanica sull'acqua fa comparire dell'alcali al polo negativo e dell'acido al polo positivo. Davy si assicurò che l'acqua stillata con tutta la diligenza possibile contiene sempre in dissoluzione dei sali neutri. Perciò l'alcali e l'acido di queste sostanze vengono separati dall'azione galvanica; dal che prevengono certamente l'acido muriatico e l'alcali ottenuto da varj Dotti nel galvanizzare l'acqua, che essi riguardavano come spogliata d'ogni corpo capace di alterare la sua omogeneità.

921. Mentre si decomponessa l'acqua e le varie sostanze che essa può discioglierne, per l'azione della pila voltaica, Wollaston operava la decomposizione medesima co' nostri apparecchi ordinarij, e così stabiliva l'identità de' fluidi che animano l'apparecchio galvanico e le nostre macchine elettriche. Egli ha fatto servire a questa decomposizione un fil d'oro estrema-

mente assottigliato, che serve di mezzo di comunicazione dell'elettricità attraverso all'acqua; e ne è risultato, che la semplice corrente dell'elettricità ha fatto comparire una serie di piccole bolle all'estremità del filo d'oro, benchè l'altra estremità per la quale il filo comunicava col conduttore positivo o negativo della macchina, fosse in contatto perfetto col conduttore. Per dare al filo d'oro un'estrema sottigliezza Wollaston introdusse in un tubo capillare una soluzione d'oro nell'acido nitro-muriatico; l'acido evaporò per mezzo del calore, e restò uno strato d'oro sottilissimo, che rivestiva l'interno del tubo, e che nel riscaldarlo fino al grado d'ammollirlo divenne un filo d'oro estremamente fine nel mezzo della sostanza del vetro. Di più Wollaston ha imitato l'apparenza di due correnti d'aria col far passare l'elettricità per mezzo a punte sottili di comunicazione nell'acqua. Sebbene la rassomiglianza non è perfetta, giacchè in tutte le disposizioni immaginate ha sempre osservato, che ognuno de' due fili dava insieme l'ossigeno e l'idrogeno, invece di produrli separatamente come fa la pila voltaica. Van-Marum ha ottenuto lo stesso col far passare una forte scarica elettrica a traverso a un fil di ferro immerso nell'acqua.

L'ossidazione delle superficie metalliche in contatto con i conduttori umidi è un fenomeno chimico, che si manifesta in tutte le pile costruite nel modo ordinario. Ora Volta la riguarda come un effetto, che stabilisce un contatto più stretto fra gli elementi della pila, e contribuisce così a dare alla sua azione più continuità ed energia; ma Wollaston pensa, che l'ossidazione ha una grande influenza sullo sviluppo dell'elettricità e nella pila e nelle nostre macchine ordinarie. „ Impiegando, egli dice, nei nostri apparecchi ordinarij un'amalgama d'argento o di platino, metalli non ossidabili, non si può avere segno alcuno d'elettricità, il quale si manifesta sempre quando l'amalgama è composto di metalli ossidabili come la sta-

guo, lo zinco, o il mercurio „. E per appoggiar la sua opinione fece montare un piccol cilindro col suo cuscinio e conduttore in un vaso, dove potesse a piacere cangiar l'aria rinchiusavi; e dopo aver provato il grado d'eccitazione nell'aria comune, vi sostituì dell'acido carbonico; ed osservò che l'eccitazione restò assolutamente distrutta, e che ricomparve appena vi si fece rientrare l'aria atmosferica. (*Bibliot. Britan.* N.º 138. pag. 32. ec.) Ivi anzi Wollaston prova, che l'elettricità positiva ossida, e la negativa disossida. E per convincersene basta far passare lungo la superficie di una carta colorita per mezzo di una forte infusione di tornasele, una corrente di scintille elettriche col favore di due punte sottili d'oro che toccano la superficie stessa alla distanza di un pollice fra loro. Basta un piccol numero di giri della macchina per produrre verso la punta del filo dal lato positivo una macchia rossa distinguibile a occhio nudo, sulla quale messa l'estremità del filo negativo l'azione della macchina le rende il suo colore azzurro primitivo.

922. Wilkinson si è occupato del misurar gli effetti della pila per mezzo della lunghezza del fil d'acciajo che può bruciare ad ogni contatto, col far variare la superficie sola de' dischi o nel loro numero o nella loro superficie medesima, ed ha trovato che la lunghezza de' fili i quali posson esser bruciati da due pile, formate di dischi eguali in numero e differenti in superficie, è come il cubo di queste superficie. Tuttavia Thénard e Gay-Lussac hanno perciò impiegato un altro metodo, cioè han preso per misura comparativa degli effetti la quantità di gas che si sviluppa dall'acqua in ogni circostanza, trovando che questa quantità che è quasi nulla quando il liquido è acqua pura e di fresco bollita, varia secondo la natura del liquido stesso, e a proporzione delle superficie de' dischi di due pile eguali nel numero di essi.

Applicazione medica dell'elettricità galvanica.

923. **F**in dall'epoca della scoperta del galvanismo molti Fisici si son dati un pensiero di applicarla al corpo umano nelle malattie refrattarie ai rimedj ordinarij, e subito da ogni parte si pubblicarono delle guarigioni maravigliose operate con questo mezzo, alle quali ha forse tanta parte l'entusiasmo, quanta ve n'ha la causa ad esse attribuita. Fra i molti fatti che hanno avuto della pubblicità, meritano per un istante la nostra attenzione i seguenti. I.^o Pfaff pretende aver trattato con successo un'emiplogia, col porre un disco d'argento nella bocca e un disco di zinco sul braccio paralizzato, dicendoci che dopo 24 ore di una comunicazione non interrotta il braccio esercitava già alcuni piccoli movimenti. II.^o Hallè ha sottoposto alle prove galvaniche un uomo, i di cui muscoli della faccia a sinistra eran paralizzati in conseguenza di una flussione originata dal freddo. Dacchè differenti punti della gota malata comunicarono con le estremità della pila per via d'eccitatori metallici, entrarono in contrazione tutti i muscoli della faccia con dolore e sensazione spiacevole di calore nel malato, in mezzo ad una convulsione dell'occhio e a delle lacrime involontarie, e con manifestarsi del dolore e della gonfiezza nei differenti punti toccati. Questa malattia era stata ostinata contro l'influenza e delle scintille e delle scosse elettriche. III.^o Creve propone il galvanismo come un mezzo di distinguere la morte apparente dalla vera, mentre in questo caso le fibre muscolari si contraggono facilmente sotto l'influenza galvanica, e nell'altro caso non possono provare la minima contrazione per essere interamente distrutta l'irritabilità. IV.^o Finalmente il Dr. Gra-

pèngiesser pensà a tenore delle sue proprie esperienze, che l'elettricità galvanica può applicarsi con successo 1.° nelle paralisie o nascano da una debolezza nell'azione nervosa o da una compression del cervello o da un'affezione reumatica; 2.° nell'indebolimento della vista e nella gotta serena per causa di inecceitabilità del nervo ottico; 3.° nella sordità nata da indebolimento nervoso; 4.° nella raucedine ed afonia consistenti in un difetto d'azione nervosa; 5.° in certe sciatiche croniche, nei tumori bianchi delle articolazioni, e nella malattia del gozzo; 6.° e pretende d'avere fatt'uso con successo dell'elettricità galvanica in un caso di metastasi infiammatoria all'articolazione del gomito e della coscia.

Sta ai Fisici consacrati al sollievo dell'umanità sofferente il moltiplicare le prove per confermare o distruggere l'esistenza di questi fatti, purchè si guardino dallo scoglio dell'entusiasmo compagno ordinario delle nuove scoperte, come già avvenne anche nell'applicare l'elettricità ordinaria all'economia animale, giacchè svanirono in un tratto tutti i brillanti successi di cure maravigliose che gran romore avevano svegliato in Italia e nell'Europa. Infatti sa ognuno oramai, che l'influenza dell'elettricismo ridotta al suo giusto valore si limita a dare un rimedio per i reumi, per le paralisie, in una parola per le malattie prodotte da ristagno d'umori e da interpidimento delle parti animali.

LIBRO XIII.

DEL MAGNETISMO.

CAP. I.

Della Calamita naturale.

924. **L**a calamita (*magnes*) quale ce l'offre la natura, è una miniera di ferro duro pesantissimo, che per lo più ha un color grigio che tira al nero.

925. Le di lei miniere più celebri sono in Siberia, in Svezia, e nell'Isola dell'Elba, e quella che ci viene dall'Indie finora par che abbia la preferenza.

926. Senza dubbio ha ella preso il nome dal luogo dove fu la prima volta scoperta, cioè da *Magnesia* città dell'Asia minore e determinatamente nella Lidia, chiamata anche dipoi *Eraclea* vicina al fiume Meandro, e diversa dall'altra *Magnesia* presso il monte Sipilo, che tuttavia era esso pure feconde di metalli e di calamita (404).

927. Verso le estremità opposte d'una calamita vi

(404) Dagli Antichi fu chiamata ora *pietra Lidia*, ora d'*Eraclea*, ora *eraclea*, ora *Indiana*, ora *la pietra* per antonomasia. E questa è la calamita *naturale*, diversa assai dall'*artificiale* come sotto ci dirà l'A. Dovunque bensì è una miniera di ferro *povera*, non ostante che dalla calamita ne abbian tratto del ferro i moderni Metallurgisti. Le migliori calamite Europee son quelle di Norvegia.

son due punti in cui si riconcentra l'azione magnetica, ai quali si dà il nome di *poli*, perchè essa rivolge sempre questi due punti ai poli del mondo, chiamandosi generalmente *polo boreale* quello che si dirige al nord, e *australe* l'altro, sebbene io dietro a Coulomb e Hany prescelga piuttosto di chiamare il primo *polo australe*, e il secondo *polo boreale* (405), e ciò per delle ragioni che si vedranno fra poco.

928. Per determinare i *poli* di una calamita si possono usare due maniere. 1.^a Rivoltatela nella limatura di ferro, le di cui molecole con l'attaccarvi che fanno sulla di lei superficie prendono una direzione verso l'uno de' due *poli*, con questo di più che sopra di essi le molecole vi si veggono alzate normalmente, perchè in questi punti la limatura vi viene attratta con maggior forza e in più grande abbondanza. 2.^a Ponete la calamita sopra una lastra piana di vetro liscio, sotto al quale incollerete un foglio bianco; indi a poco a poco spandete sul vetro della limatura di ferro intorno alla calamita con batter leggermente sui labbri del vetro per dare maggior mobilità alla limatura. Subito si vede che questa va a situarsi in linee rette verso i *poli* e in linee curve verso l'*equatore*, cosicchè ai *poli* vedonsi far capo tutte queste linee e rette e curve (406). Però chia-

(405) Anche gl'Inglesi chiamano *polo australe* della calamita quello che volta verso il nord, e *boreale* quello che volta verso il sud. Bensì è da notare che questa polarità non è fissa, mentre Knight mostrò come cangiar si possono a piacere i poli di una calamita naturale per mezzo di verghe di ferro calamitate.

(406) Si può metter la calamita anche sotto la lastra di vetro; il che indica che la calamita agisce ancora attraverso ai corpi, come lo conobbero pure gli Antichi

*Et ramenta simul ferri furere intus ahenis
In scopiis, lapis hic magnes cum subditus esset.*

Lucr. l. 6. v. 1044.

masi *asse della calamita* la retta che unisce i suoi due poli; mentre il di lei *equatore* è sempre in un piano normale che divide l'asse in due parti eguali, e il di lei *meridiano* è in un piano normale che passa per i poli.

929. Appena scoperta la calamita si occuparono i Fisici delle di lei proprietà, la primaria delle quali è la potente attrazione esercitata da essa sul ferro: proprietà scoperta secondo Plinio da un pastore, il quale nel camminar su una rupe sentì attaccarsi contro la calamita i chiodi delle sue scarpe e il ferro del suo bastone; sebbene altri pretendano che avendo egli piantato in terra la punta ferrata del suo bastone sentisse una resistenza nel ritirarlo, e che curioso di conoscerne la cagione scavò intorno al suo bastone e ne trovò la punta attaccata ad una gran calamita.

930. I poli di una calamita presentano un fenomeno singolare, per cui gli Antichi le hanno quasi dato luogo fra gli esseri animati; cioè i poli simili o dello stesso nome hanno fra loro una specie d'antipatia, che fa nascere la ripulsione, mentre i poli di differente nome mostrano fra loro una simpatia e una specie di sollecitudine per portarsi l'un verso l'altro qualora non vi si opponga ostacolo alcuno. I.^o Ponete due aghi calamitati ognuno sopra un pernio onde abbiano la libertà di muoversi: se essi presentan l'uno all'altro i poli del medesimo nome, si respingono; se di nome differente, s'attraggono. II.^o Preparate due lamine d'acciajo in modo che applicate l'una sull'altra non

Di più se ne scoprono i poli o con applicar successivamente la punta d'un ago finissimo a varj punti della calamita, giacchè al polo l'ago vi prenderà la situazione verticale; o con far galleggiare la calamita sul mercurio o sull'acqua per mezzo di un pezzetto di legno o di sughero, giacchè il di lei polo australe (§. 927) si volterà da se al nord.

si tocchino che in alcuni punti, onde si possano agevolmente muovere l'una sull'altra, e date alle loro estremità una forma diversa onde poterle distinguere facilmente. Calamitatele nella maniera che si dirà, e ponetele poi l'una sull'altra in guisa, che i poli del nome medesimo si corrispondano. La lamina superiore abbandonata a se stessa si muove girando sul proprio centro come sopra un punto d'appoggio, e non si ferma che quando i suoi due poli corrispondono ai poli contrarij della lama inferiore. III.° Ad un braccio della bilancia suspendete una calamita in modo che i suoi due poli siano attraversati dalla medesima verticale, e equilibratela coll'opportuno contrappeso, e ad una certa distanza dal polo inferiore della calamita presentate il polo contrario d'una verga calamitata: rompesi l'equilibrio in favor della calamita, la quale scende con una specie di trasporto per portarsi verso la verga. Che se dopo aver ristabilito l'equilibrio, al polo della calamita presentate il polo del medesimo nome della verga calamitata, l'equilibrio si distrugge a favore del contrappeso, il che dichiara la ripulsione reciproca de' due poli dello stesso nome (407). Quanto si è detto basta per giustificare la denominazione di *boreale* e d'*australe*, che diamo ai poli d'una calamita voltata verso il polo australe e boreale della terra. Una tal proprietà ha dato origine a varie macchine ingegnose, come la bussola magnetica ec., che si possono vedere altrove.

931. *Declinazione della calamita.* La proprietà che ha una qualunque calamita, di rivolgere un suo polo verso il nord e l'altro verso il sud, soffre delle restrizioni; poichè se si porta l'ago successivamente a di-

(407) Taluni chiaman *nemici* i poli del nome stesso, e *amici* i poli di nome diverso. E queste attrazioni e ripulsioni sono in ragion inversa de' quadrati delle distanze (Hany *Phys.* §. 734 ec.).

versi punti del globo, per lo più la sua direzione coincide con una linea tirata dal sud al nord o col meridiano del luogo; ma molte volte se ne allontana o più o meno ora verso l'est ora verso l'ovest, ed il suo andamento varia secondo i varj luoghi: tal deviazione dicesi *declinazione*, che si misura dall'angolo fatto dal meridiano del luogo e dal meridiano magnetico.

Se si parta da un luogo ove è nulla la declinazione e si vada verso il nord o il sud, può accadere che si passi per una serie di punti in cui pur sarà nulla la declinazione; ma tali saran questi punti, che non si troveranno su un medesimo meridiano, e formeranno una curva irregolare, che avrà delle inflessioni in differenti sensi. Halley ha delineato su un mappamondo queste serie di punti, in cui è nulla la declinazione, e che si chiamano *bande senza declinazione*, le quali son seguite da' marinari fino a delle latitudini più o meno considerabili. Anzi varia la declinazione in un medesimo luogo secondo i tempi, con questo che le sue variazioni non crescono nel rapporto stesso de' tempi, di modo che le bande senza declinazione continuamente cangiano di posizione e di figura: per es. in Parigi nel 1666 la declinazione era nulla, e nel 1804 era di $22^{\circ} 15'$ verso l'ovest, onde cresce da $9'$ in $10'$ per anno (408).

932. Di più Cassini osservò soffrir l'ago magnetico una variazione diurna, e i risultati delle sue osservazioni ci mostrano che a Parigi la direzione dell'ago si

(408) Se nel 1666 la declinazione dell'ago magnetico a Parigi era nulla (cioè la direzione dell'ago coincideva colla meridiana) e da quest'epoca fino al 1804 l'ago declinava verso l'ovest, si sa anche che dal 1666 retrocedendo fino al 1550 declinava verso l'est. (Barruël, *Phys. Tabl.* 37). Come pure le variazioni diurne, non eguali in tutti i giorni, sono tra i $5'$ e i $14'$ a Parigi, dove si son fatte accurate osservazioni.

avvicina un poco alla meridiana dalle 8^{re} in circa di mattina fino alle 2 pomeridiane, e quindi se n'allontana fino alle 9 incirca della sera, essendo dipoi stazionaria fino al giorno dopo. Ella fa anche delle leggiere oscillazioni, il cui andamento è tale che la somma de' movimenti che han luogo verso l'ovest, la vince su quella de' movimenti in senso contrario, di modo che la declinazione va aumentando dal medesimo lato.

933. *Inclinazione della calamita*. Inoltre se un ago attraversato da un'asse sul quale è sostenuto, ha prima d'esser calamitato una situazione orizzontale, calamitato che è la prenderà più o meno obliqua all'orizzonte ad eccezione di certi punti del globo. Questa seconda deviazione dell'ago magnetico dicesi *inclinazione*. Essa pure è varia al variar della latitudine de' paesi; così all'equatore è quasi nulla, in guisa che tutti i punti in cui l'ago è esattamente parallelo all'orizzonte, formano una curva irregolare, che taglia l'equatore sotto piccoli angoli; ma secondo che ci allontaniamo dall'equatore per andar verso un polo o l'altro, l'inclinazione cresce in modo, che l'estremità dell'ago che guarda il polo vicino, si abbassa continuamente al disotto della sua prima posizione: non è però che tali variazioni seguano il rapporto delle latitudini. L'inclinazione era a Parigi nel 1792 di circa 71° , e secondo Coulomb nel 1804 era di $70^{\circ} 5'$, e nel 1809 all'Osservatorio di Parigi era $68^{\circ} 47, 5'$: perciò sembra che vada scemando l'inclinazione dell'ago calamitato.

934. *Comunicazione del magnetismo*. Allorchè si stropiccia una verga di ferro o d'acciajo sui poli o sui piedi dell'*armatura* (409) d'una calamita, la verga

(409) Essa consiste in lame di ferro dolce o acciaio non temperato, ciascuna delle quali porta un *bottono* o *dado* dell'istesso metallo, ed è applicata ai poli della calamita: i due bottoni si pongon poi in comunicazione fra loro

acquista la virtù magnetica e tutte le proprietà della calamita. Al primo contatto del ferro si comunica il magnetismo, ma un contatto reiterato ne aumenta d'assai l'energia purchè la verga si stropicci contro la calamita nel medesimo senso. Nè si creda che, una calamita comunicando così alle verghe di ferro o d'acciajo la virtù magnetica, questa venga in lei a scemare. Bensì può alterarsi per il lasso del tempo, per violente scosse, per la ruggine dell'armatura, per l'azione del fuoco, per la vicinanza d'altra calamita ec. Neppur si creda che le calamite più vigorose, cioè che sollevano i più grossi pesi, sian sempre le più generose, cioè comunichino al ferro e all'acciajo maggior virtù magnetica delle più deboli.

935. L'esperienza ha fatto vedere 1.° che il ferro soffregato sopra uno de' poli della calamita acquista maggior forza magnetica di quando lo è sopra ogni altra parte di essa. 2.° La virtù da questo polo comunicata al ferro è maggiore quando è armato di quando è nudo. 3.° Quanto più lentamente si passa il ferro e più si preme contro il polo della calamita, tanto più questa riceve di forza magnetica. 4.° È meglio calamitare il ferro sopra un solo polo della calamita che successivamente sopra i due poli, perchè il ferro riceve da ogni polo la virtù magnetica in direzioni

per mezzo d'una traversa, detta *conduttore*, di ferro dolce, che ha un gangio destinato a reggere i pesi che debbon sostenersi dalla calamita. Quest'armatura aumenta talmente la forza magnetica, che se ne son vedute talune sostenere così armate un peso centuplicato, e ordinariamente sostengono un peso 12 volte maggiore di quando eran nude. Sappiasi che l'efficacia non è proporzionale alla massa della calamita; che anzi sembra esser le più piccole le più energiche, giacchè in proporzione le più grandi sostengono solamente un peso 4 volte maggiore del loro proprio: infatti se ne son vedute alcune pesar soli 3 gr. e sostenerne 746, o pesarne 43 e sostenerne 1032. V. Muschembroek, *Dissert. de magnete*.

opposte, i di cui effetti perciò si distruggon fra loro.

5.^o Assai meglio si calamita un pezzo di ferro col passarlo uniformemente e nella stessa direzione sul polo della calamita secondo la sua lunghezza, che con lo strisciare semplicemente per il suo mezzo, e si osserva che l'estremità la quale tocca l'ultima il polo, conserva maggior forza. 6.^o Un pezzo d'acciajo levigato o un pezzo di ferro acciajato ricevono maggior forza magnetica di un pezzo di ferro semplice e di figura medesima: e tutto il resto essendo eguale, si calamita più fortemente un pezzo di ferro lungo, sottile e appuntato, che un altro d'una forma differente; come per es. una lama di sciabola, di spada o di coltello ricevono maggior virtù di un pezzo d'acciajo quadro della stessa massa e che non ha altre punte che i suoi angoli. 7.^o La proprietà che ha il ferro di ricevere la polarità per il suo contatto con la calamita, non è esclusiva, giacchè Coulomb con esatte esperienze ha provato, che ne godono tutti i corpi della natura benchè in un modo disuguale.

936. La virtù magnetica non prova diminuzione veruna valutabile, dalla superficie della terra fino all'altezza di 2100 tese, perchè la sua azione in questi limiti si manifesta costantemente con i medesimi effetti, e secondo le medesime leggi. E Humboldt sulle variazioni della virtù magnetica a diverse latitudini ha fatto delle osservazioni, che lo hanno condotto al seguente risultato. L'intensità delle forze magnetiche varia alle diverse latitudini, e il suo *minimum* è all'equatore, ed aumenta andando verso i poli. La quale intensità si misura per mezzo delle oscillazioni, che in un certo tempo fa l'ago calamitato. Una bussola eccellente faceva in 10'

A Parigi	Oscillazioni 245
al Perù, da 7° a 5° lat. austr.	211
. da 2° 13' lat. austr. a 3° 15' lat. bor.	217
. da 4° 36' a 8° 56' lat. bor.	224
. da 9° 15' a 23° lat. bor.	237

E queste oscillazioni dell' ago sono in seguito modificate dall' azione delle montagne; come infatti Humboldt ha osservato, che al Vulcano d' Antisana a 2467 tese d' elevazione, la bussola in 10' faceva 230 oscillazioni, mentre a Quito esse erano 218: e in altre occasioni il numero delle oscillazioni era più piccola sulle montagne che al piano.

C A P. II.

Della calamita artificiale.

937. Si dà il nome di *calamita artificiale* a delle lamine d' acciaio che partecipano delle proprietà delle calamite naturali.

938. Spesso se ne riuniscono molte per formarne dei fascetti, e allora ciascuna di esse dee esser ben temperata, levigata e calibrata in modo, che siano tutte eguali in lunghezza, larghezza e grossezza. Si calamita ogni lamina separatamente sul polo di un' eccellente calamita ben armata; si prepara un' armatura che possa tutte tenerle applicate le une sulle altre, e che le serri e le abbracci con dei bottoni posti verso le loro estremità, dove la grossezza delle gambe come quella de' bottoni deve esser tanto maggiore quanto maggiore è il numero delle verghe riunite. Appena che son tutte disposte le une sulle altre fra due gambe in guisa che i poli del medesimo nome sian dal medesimo lato, si sottopongono in questa situazione alla forza di una vite, e si ha una calamita artificiale preferibile alla naturale.

939. Tuttavia non son queste le migliori calamite artificiali, perchè son più perfette le composte di una sola verga d' acciaio. Per comunicare anche a queste una gran virtù magnetica esponghiamo il metodo di comunicare il magnetismo a doppio contatto, inventato da Mitchell, modificato da Epino, e perfezionato

da Coulomb. Ponete verticalmente a piccola distanza fra loro due spranghe ben calamitate, cosicchè i loro poli contrarj si corrispondano, e in questa situazione fatele scorrere da un capo all' altro della verga da calamitarsi in modo che esse vadano e vengano alternativamente senza mai permetter loro il passare le estremità di questa verga. Dopo un certo numero di frizioni quando le spranghe si ritrovano verso il mezzo della verga, si alzano secondo le lor direzioni perpendicolari alla verga. Ma Epino inclina le spranghe in senso contrario a un angolo di 15° in 20° con la verga da calamitarsi, sì perchè i centri d' azione de' poli che sono elevati d' una certa quantità sopra la verga quando le spranghe hanno una posizion verticale, si trovano così assai più vicini a lei, il che rende la loro azione più efficace, sì perchè l' intervallo fra i centri d' azione essendo così molto aumentato per l' angolo aperto che le spranghe fanno fra loro, e allontanandosi così i limiti che rinchiudevano l' effetto delle forze cospiranti, si aumenta la loro attività. Coulomb poi simile nel resto ad Epino fa muover le spranghe differentemente, cioè dopo averle poste sul mezzo della verga da calamitarsi le tira in senso contrario l' una dell' altra fino a una piccola distanza dall' estremità la più vicina, e poi ricomincia partendo sempre dal mezo, il che porta maggior efficacia. Ora per avere due lame ben calamitate se ne prendano quattro eguali e simili, di cui due almeno abbiano un principio di magnetismo, le quali io chiamerò A e B, chiamando l' altre C e D. Queste son poste a parallelismo fra due altre lamine di ferro dolce, che si chiamano i *contatti*, molto più corte, benchè della stessa grossezza, ma poste in modo che se le lame C e D hanno pure un certo grado di magnetismo, i loro poli contrarj debbon corrispondersi. Pongansi A e B sul mezo di una delle prime per es. di C inclinate in senso contrario come dicemmo. Se A è la più vicina, per es. al polo boreale di C, il suo

polo inferiore dev' esser l' australe, e allora il polo inferiore della verga B. che è la più vicina al polo australe di C, sarà il polo boreale. Dopo ciò si fanno scorrere a più riprese A e B sulla metà corrispondente di C, secondo il metodo di Coulomb, indi si rivoltò la lama C senza cangiare la disposizion de' suoi poli, e si ripete la stessa operazione sull' altra faccia. Lo stesso si fa su D osservando d' inverter l' ordin de' poli di A e B, perchè quelli di D son pur posti in senso contrario de' poli di C. Fatto ciò si sostituisce A e B a C e D servendosi di queste ultime lame per dare alla virtù magnetica delle altre più forza ed energia. Quando si crede esser la comunicazione del magnetismo al suo termine, si fa uso delle lame che hanno ricevuto le ultime frizioni per calamitare degli aghi o altri corpi di simile specie. Queste calamite artificiali sono spesso più forti e generose dell' altre.

940. Per conservare la virtù magnetica comunicata ad un pezzo di ferro o d' acciaio bisogna 1.^o garantirlo da ogni scossa violenta, perchè dopo avere calamitato su un' eccellente calamita una lama d' acciaio, se ne vide svanire la sua virtù magnetica che era fortissima, appena che fu battuta su un' incudine. 2.^o Calamitato che fu un pezzo di fil di ferro in modo che si dirigeva con attività secondo il meridiano magnetico, in seguito avendolo curvato in forma d' anello si trovò non aver più la sua direzione sotto questa forma, e quindi si rese al suo primo stato senza però rendergli la proprietà di dirigersi secondo il meridiano magnetico. 3.^o Anche l' azion del fuoco distrugge in gran parte la virtù magnetica comunicata. Infatti una lama di ferro già calamitata si fece poi divenir rossa in un fuoco di fornace; nel quale stato d' incandescenza fu presentata alla limatura di ferro, e niuna molecola di essa si portò verso la lama, onde vi era nulla la virtù attrattiva. Fatta poi raffreddare la lama ricuperò con questo solo cangiamento di tem-

peratura la virtù attrattiva fattale perdere dall'incandescenza.

941. Ma talvolta dalle mani stesse della natura ricevon la potenza magnetica il ferro e l'acciajo in una maniera a noi ignota. 1.° Un pezzo di ferro di forma bislunga che per un certo tempo resta in una posizion verticale diviene una calamita tanto più vigorosa per quanto più lungo tempo ha conservato la sua posizione, e però le croci in cima ai campanili hanno spesso una virtù magnetica sì potente da far loro perdere le proprietà metalliche; così è delle palette, molle, bacchette di ferro da finestra ec., nelle quali il polo australe risiede nella lor parte superiore e il polo boreale nell'inferiore. 2.° In certe circostanze il fulmine comunica al ferro una potente virtù magnetica. Dopo essere un giorno scoppiato un fulmine in una stanza ove erano de' coltelli e delle forchette, mentre molti degli uoi e delle altre restaron fusi o spezzati, i più di quelli che furono esenti da quest'accidente restarono sì vigorosamente calamitati che furon capaci di sollevare de' grossi chiodi e degli anelli di ferro.

C. A. P. III.

Teoria del magnetismo.

942. Si è dato il nome di *magnetismo* alla proprietà che ha la calamita di esercitare un'azione attrattiva più o meno potente su tutti i corpi della Natura. (410).

(410) Il magnetismo è un carattere specifico per poche sostanze, cioè il ferro allo stato metallico, due de' suoi ossidi, il cobalto, il suo zolfuro attrattivo e il nikel allo stato metallico. In altre sostanze vi è accidentale e ne deve la

Tom. III,

17

943. Si credeva che il ferro godesse del privilegio esclusivo di venire attratto dalla calamita, ma poi si è riconosciuta questa proprietà nel nikel, nel platino, nel cobalto; attribuendola a un avanzo di ferro che alterava la loro omogeneità, e però si pensava che tirando queste sostanze al maggior grado di purità si giungerebbe a far del tutto svanire la virtù attrattiva che in esse faceva nascere la presenza d'una calamita. Ma Coulomb poco prima della sua morte pubblicò una serie d'esperienze ingegnose e delicate le quali attestano l'influenza della calamita su tutti i corpi della natura, influenza, sebben reale, differente sempre ne' differenti corpi, nella maggior parte de' quali è debolissima perchè è sfuggita anche agli sguardi più attenti di molti osservatori. E perciò per riconoscerne l'esistenza bisognò dare ai corpi sottoposti all'esperienza una mobilità che lor permise di cedere alla più leggera impressione. Il che Coulomb ottenne col dare a ciascun corpo sperimentato la forma di un cilindro di dimensioni molto piccole; il quale era sospeso a un fil di seta greggia, e posto fra i poli opposti, vicini fra loro, di due verghe d'acciajo situate

sua presenza a un numero di particelle di ferro ossidato attrattivo interpostevisi: e di tutte le combinazioni in cui entra il ferro allo stato attrattivo sembra esser la pirite marziale attrattiva la sola per cui questa proprietà sia essenziale.

Humboldt ha trovato nelle montagne dell'alto Palatinato una pietra serpentina verde, la quale ha una polarità magnetica che a 22 pie. di distanza devia l'ago calamitato, e ogni pezzolino ben distinti mostra i suoi poli: un pezzo di 8 poll. declina la bussola a 5 poll. di distanza. Questo sasso non ha azione sul ferro; spolverizzato si attacca alla calamita. Ora conterrà egli della calamita? Chi lo sa! polverizzato non mostra niente di metallico; il suo peso specifico è da 1,91 a 2,04; contiene del ferro ossidato, a cui forse dovrassi la virtù magnetica (Opusc. Mil. P. II.^a)

in una medesima linea retta. Allora l'esperienza fece vedere che di qualunque materia fosse il piccol cilindro, prendeva sempre esattamente la direzione delle due verghe, e che se si toglieva da questa direzione vi era sempre ricondotto dopo un numero d'oscillazioni che spesso erano più di 30 per minuto. Tali esperienze fatte successivamente con piccoli cilindri d'oro, d'argento, di rame, di piombo, di stagno, di vetro con un pezzo di matita, con un frammento d'osso e varie specie di legni, fecer concludere a Coulomb, che tutti gli elementi i quali entrano nella composizione del nostro globo, son sottoposti all'influenza magnetica, e che la riunione di tutti questi elementi fa della Terra una grande ed unica calamita.

944. Lo stesso Fisico si è occupato 1.º in sapere se nella supposizione, che l'influenza della calamita su tutti i corpi fosse dovuta a una piccola quantità di ferro contenuta da ognuno di essi, si potrebbe valutare con esattezza la quantità di ferro necessaria a produrla; 2.º nel determinare in tutti i corpi, dove rapide oscillazioni fra i poli delle calamite ci assicurano della presenza del ferro, sebbene il ferro vi sia in sì piccola dose che sfugga in gran parte all'analisi chimica, qual'è precisamente la quantità di ferro contenuta da' corpi. Ed è egli giunto al termine prefissosi per mezzo d'una serie d'esperienze, che possono vedersi nel Giornale di Fisica An. X. Prairial.

945. La proprietà attrattiva della calamita era la sola conosciuta dagli Antichi, ma poi il caso ci fece conoscere le altre proprietà nuove, come le ripulsioni, la direzione, la comunicazione, la declinazione e l'inclinazione.

946. Per la spiegazione de' quali fenomeni si ricorse ad un fluido particolare, la cui esistenza si appoggia a prove meno plausibili di quelle che si hanno per l'esistenza del fluido elettrico, giacchè il fluido magnetico non ferisce mai i nostri sensi, come lo fa il

fluido elettrico coi razzi luminosi, con le brillanti scintille ec. (411).

947. Coulomb riguarda il fluido magnetico come composto di due fluidi particolari combinati fra loro nei corpi che non danno alcun segno di magnetismo, e sviluppati quando passano allo stato di calamita; per distinguere questi due fluidi prendendone il nome dai poli della calamita, chiamò l'uno *fluido boreale*, e l'altro *australe*.

948. Le molecole d'ogni fluido si respingon fra loro, e le molecole d'ogni fluido attraggono quelle dell'altro fluido.

949. Accade del magnetismo ciò che accaderebbe dell'elettricismo, se non vi fossero che cattivi conduttori d'elettricismo; la quantità di fluido magnetico propria di ogni calamita non può essere aumentata nè diminuita, ed il passaggio dei corpi allo stato di magnetismo ha unicamente per causa lo sviluppo dei due fluidi componenti il fluido naturale, ed il loro trasporto verso le lor parti opposte. Più il ferro è duro, più difficoltà provano i due fluidi componenti il suo fluido naturale nel momento del loro sviluppo, a muoversi nei suoi pori; difficoltà che supera d'assai la resistenza, dai più cattivi conduttori d'elettricità opposta al moto interno dei fluidi sviluppati dal loro fluido naturale. Coulomb paragona questa resistenza allo sfregamento, e la chiama *forza coercitiva*.

(411) Osserva Bournon (*Traité de la chaux carbonatée* 4. Londres 1808. Vol. 1. pag. 133) che il fluido magnetico, ossia i due fluidi conosciuti sotto questo nome, non ha limitata alla superficie del nostro globo la sua esistenza, ma esiste nello spazio e nelle viscere della terra. Gay Lussac elevato in un pallon volante a 3600 P. ivi ha riconosciuto la stessa azione che in terra, l'ago calamitato vi faceva ugualmente 10 oscillazioni in 42". Si sa che le viscere della terra rinchiodano più abitualmente il ferro allo stato magnetico.

950. Le differenti azioni, che esercitano i fluidi che entrano nella composizione del fluido magnetico, seguono la ragione inversa del quadrato della distanza, come ce ne accertano esperienze ingegnose ed esatte.

951. Dall' esposizione di questi differenti principj risulta la spiegazione de' fenomeni magnetici, i quali dipendono dal gioco simultaneo di 4 forze, cioè due attrazioni e due ripulsioni, le quali nello stato naturale de' corpi son tutte eguali per ragioni simili a quelle che ci han servito a dimostrare l' eguaglianza delle quattro forze le di cui azioni reciproche danno origine ai fenomeni elettrici (§. 859). Ciò posto 1.^o due calamite debbono attrarsi quando il polo boreale dell' una è dirimpetto all' australe dell' altra, perchè essendo 1 la distanza fra questi due poli è chiaro, che quella che si trova fra ciascun di loro e il polo simile nell' altra calamita; è necessariamente maggiore di 1: dunque perchè le azioni magnetiche sono in ragion' inversa de' quadrati delle distanze, la somma delle attrazioni eguaglia 1, più una frazione, mentre la somma delle ripulsioni è eguale alla somma di due frazioni: dunque la prima somma la vince sulla seconda; e però due calamite debbono attrarsi quando il polo boreale dell' una è dirimpetto al polo australe dell' altra. 2.^o Due calamite che si riguardano per i poli del medesimo nome, debbon respingersi, perchè allora la somma delle ripulsioni la vince sulla somma delle attrazioni.

952. Se si presenta una lama di ferro non calamitata al polo boreale d' una calamita, il suo fluido boreale decompone il fluido naturale della lamina attraendo dal suo lato il fluido australe, e respingendo il fluido boreale dal lato opposto; cosicchè la lama riceve la virtù magnetica: ma a vicenda la lama calamitata agisce sulla calamita e decompone una porzione del suo fluido naturale, una parte del quale è attratta verso il polo vicino della lama, e l' altra è respinta verso il polo opposto. Con più ragione ciò

accade, quando si fa nascer la virtù magnetica in una lama per via del contatto immediato d'un'altra lama già calamitata; onde una calamita può diventar più forte, quand'anche sembra aver ceduta una parte del fluido che costituisce la sua forza. Reaumur il primo osservò, che una calamita che appena sosteneva un pezzo di ferro d'un dato peso, lo reggeva con più facilità quando il ferro era sopra un'incudine. Ciò accade secondo la nostra Teoria dal non potere il ferro essere in contatto con la calamita senza ricevere la virtù magnetica; allora agisce dal canto suo sull'incudine per calamitarla, e l'incudine reagendo sopra di essa decompone una nuova porzion del suo fluido naturale; così aumenta la quantità del fluido libero in ciascuno de' suoi poli, e lo rende così più attrai-bile di quel che non lo sarebbe senza il suo ajuto.

Fra il gran numero di fenomeni che depongono in favore della teoria di Coulomb, il seguente fenomeno sembra esprimersi in una maniera decisiva. Prese due lame calamitate, quasi dell'istessa forza e capaci di sostenere un pezzo di ferro, pongasene una su un tavolino in modo, che ne resti un pezzo in fuori onde vi stia il ferro sospeso, e pongasi l'altra sulla prima con far corrispondere dal medesimo lato i poli di differente nome. Subito cade il pezzo di ferro, perchè l'azione che il polo in contatto con lui esercita per attrarre il suo fluido eterogeneo, è quasi distrutta dalla forza ripulsiva della seconda lama.

Le due metà d'una lama d'acciajo convenevolmente calamitato, sono animate da forze eguali e contrarie in maniera, che tutti i punti della superficie d'una stessa metà attraggono costantemente l'uno dei poli d'un ago, mentre tutti quelli dell'altra metà lo respingono. Se a una delle sue estremità se ne stacca una porzione quanto vogliasi piccola, essa gode delle stesse proprietà del pezzo intero. Questo fenomeno stato finquì lo scoglio di tutte le teorie, con quella di Coulomb facilmente si spiega, dietro all'idea plau-

sibilissima, che ogni molecola integrante della lama è per se stessa una piccola calamita che ha i suoi due poli eguali in forza, e che tutte queste piccole calamite son poste in fila in modo che il polo boreale dell'una è in contatto col polo australe dell'altra. Ora in una delle metà che suppongo quella del sud, quando la lama è libera, il polo boreale di ogni molecola è più forte del polo australe della molecola precedente; e sicchè la forza del polo boreale può riguardarsi come risultante da due forze, di cui l'una è distrutta dalla forza australe vicina, mentre l'altra che oltrepassa il punto dell'equilibrio, è la sola effettiva: la qual differenza decresce fino al mezzo della lama, dove divien nulla. Lo stesso accade nella metà della lama volta al nord. Per render più sensibile quest'ingegnosa spiegazione, qui presento la serie de' poli, segnando con *a* il polo australe, con *b* il boreale d'ogni molecola, e coi numeri posti al di sopra delle lettere corrispondenti le forze de' differenti poli.

$$\begin{array}{cccc}
 12 & - & 12, & 20 & - & 20, & 24 & - & 24, & 25 & - & 25 \\
 a & - & b, & a & - & b, & a & - & b, & a & - & b \\
 25 & - & 25, & 24 & - & 24, & 20 & - & 20, & 12 & - & 12 \\
 a & - & b, & a & - & b, & a & - & b, & a & - & b
 \end{array}$$

Dove la metà della serie a destra rappresenta quella della lama in cui risiede il polo boreale: le forze assolute de' poli della 1.^a molecola son ciascuna = 12, quello de' poli della 2.^a = 20; della 3.^a = 24 ec. La forza boreale della prima molecola non soffre alcuna alterazione, e sussiste tutt'intera; non è così dell'australe, chè è distrutta dalla boreale della 2.^a molecola = 20, onde non resta che 8 di forza boreale per il punto di contatto fra le due molecole. Parimente la forza australe della 2.^a molecola = 20 è distrutta dalla boreale della 3.^a = 24, onde non resta che 4 di forza boreale per il punto di contatto fra la 3.^a e la 2.^a molecola: perciò continuando lo stesso discorso

per le altre molecole, lo stato della lama si riduce al seguente; in cui tutte le forze della metà a destra son boreali, e quelle della metà a sinistra son tutte australi

$$\begin{array}{c|c} 12, 8, 4, 0 & 0, 4, 8, 12 \\ a, a, a, a & b, b, b, b \end{array}$$

Dal che si vede 1.° che la calamita agisce quì come se avesse le sue due metà animate da forze eguali ed opposte; 2.° che se alle estremità si stacca una porzione benchè piccolissima di calamita, ella avrà a un' estremità un polo boreale e all'estremità opposta un polo australe; e le forze di questi due poli che nel momento della separazione erano disuguali, lo divengono in seguito per la nuova distribuzione, che si fa del fluido nell'interno della piccola calamita; dal che risulta la stessa conformità che nella calamita intera fra le densità de' punti similmente situati dai due lati.

Abbiamo veduto (§. 846) che le tormaline presentano un fenomeno simile da non più sorprendere, se come nelle calamite concepiamo le tormaline composte di tanti piccoli corpi elettrici quante molecole integranti rinchiudono. Ognuna di loro soffrir deve la doppia azion dell'elettricità per metter le sue due metà in due stati differenti, cosicchè la distinzione di questi medesimi stati relativamente al corpo intero non è che una conseguenza di ciò che ha luogo per ciascuna molecola.

953. Adesso vediamo qual deve essere nella nostra teoria l'influenza delle armature per conservare o anche per aumentare la forza magnetica delle calamite, e perciò analizziamo l'effetto dell'armatura che corrisponde al polo boreale della calamita. La forza di questo polo agisce per decomporre il fluido naturale dell'armatura, attrae il fluido australe nelle parti dell'armatura le più vicine alla calamita, cioè nella gamba, e respinge il fluido boreale nelle parti le più loun-

tane, cioè nel piede; onde il piede dell'armatura acquista la specie di magnetismo che è nella parte corrispondente dell'armatura, cioè il magnetismo boreale; ed è chiaro che nell'altra armatura hanno luogo gli effetti contrarj. Il fluido australe accumulato nella gamba agisce per decomporre una nuova porzione del fluido naturale della calamita, e la forza attrattiva che esercita sul suo fluido boreale, non è che debolmente bilanciata dalla ripulsione del piede dell'armatura, la cui distanza è più grande: il qual conflitto di forze va dunque a vantaggio della calamita, che così acquista più attività ed energia. Se la gamba dell'armatura è troppo sottile, contiene poco fluido naturale, e il polo adiacente della calamita non rimanda che una piccola quantità di fluido dell'istessa specie verso il piede: e se è troppo grossa, il polo adiacente non respinge verso il piede che una porzione di fluido dell'istessa specie, e l'altra resta nella gamba, e la sua permanenza altera l'azione effettiva della calamita.

954. Spieghiamo ora la direzione, la declinazione e l'inclinazione. Molti Fisici hanno creduto trovar la spiegazione della prima nell'azione delle miniere di calamita abbondantissime immaginate verso i poli, e quella delle altre due nella disposizione irregolare delle masse componenti tali miniere; e per causa delle variazioni di queste due assegnano i cambiamenti successivi, a cui soggiacciono tali miniere per il concorso di differenti azioni che le alterano o le distruggono, mentre altrove se ne formano delle nuove. Senza ricusare alle miniere di calamita un'influenza sulla direzione degli aghi, riguarderemo la loro azione come una forza secondaria, e supporremo che la forza principale provenga dal globo terrestre, che insieme con Coulomb ancor noi riguardiamo come una gran calamita.

La-Hire aveva una calamita naturale di 50 Kilogr. (2. 100.) che egli ridusse in forma di sfera; deter-

minò i poli in due punti opposti, vi segnò un equatore graduato di 30° in 30° con far passare per i punti di divisione diversi meridiani: vi pose poi successivamente sopra varj punti un ago calamitato, ed osservò che in alcuni di questi punti egli si dirigeva esattamente da un polo all'altre, e che in altri declinava a destra o a sinistra fino a 26° di massima declinazione. Supposto che quest'ago sia liberamente sospeso ad un filo fra l'equatore e il polo boreale della calamita di La-Hire, vediamone il gioco delle differenti forze che l'animano. La forza del polo boreale della calamita tende ad attrarre il centro d'azione del polo australe dell'ago, e a respinger quello del polo boreale. La forza del polo australe della calamita agisce al contrario per ripulsione sul centro d'azione del polo australe dell'ago, e per attrazione su quello del polo boreale. Queste 4 forze posson ridursi a due, che agiscono sull'ago in senso contrario, e il cui rapporto variabile dipenderà dalle distanze fra i centri d'azione dell'ago e i poli della calamita.

Un ago posto sul globo terrestre è sottoposto a delle forze, che provan la stessa combinazione. Il polo australe di quest'ago è sollecitato verso il nord, e il boreale verso il sud; ma quì le due azioni sono sensibilmente eguali, qualunque sia il punto della terra ove sia posto l'ago. Si ha per garante di quest'uguaglianza un'esperienza di Bouguer, il quale attesta che un filo in direzion verticale conserva sempre il suo *a piombo*, o si sospenda ad un suo capo, per il mezzo, un ago non calamitato, o lo stesso ago calamitato. Del resto se queste due azioni non fossero eguali, l'eccesso della più grande potrebbe considerarsi come una forza particolare, la cui direzione facendo un angolo con quella della gravità altererebbe l'azione di quest'ultima forza, e però il peso d'un ago calamitato non sarebbe lo stesso che avanti l'operazione che gli dà il magnetismo, il che è contrario

all'esperienza. Nè quest'eguaglianza d'azioni opposte che sollecitano un ago sul globo terrestre, dove punto farci stupire, se si consideri che la Terra è una gran calamita che agisce sull'ago calamitato a grandissime distanze. I due centri d'azione dell'ago sono infinitamente vicini fra loro relativamente ai centri d'azione della Terra; e però la ripulsione che il polo boreale della Terra esercita sul centro boreale dell'ago, è sensibilmente in equilibrio coll'attrazione del polo stesso sul centro australe dell'ago; lo stesso equilibrio ha luogo riguardo alle azioni del polo australe della Terra sui due centri dell'ago: onde l'ago è sollecitato da quattro forze, che prese a due a due sono eguali e contrarie, e però è egualmente attratto verso il nord ed il sud.

Supposto ora che nella calamita di La-Hire l'ago posto fra l'equatore e il polo boreale della calamita sia allontanato dal suo meridiano magnetico in virtù d'una leggiera impulsione data al suo polo australe verso l'est, impulsione che determina un moto del polo boreale verso l'ovest, il polo boreale della calamita attrae il polo australe dell'ago per rimenerlo verso l'ovest, e respinge verso l'est il polo boreale dell'ago; e però queste due azioni concorrono a determinare il ritorno dell'ago al suo meridiano magnetico. Lo stesso discorso vale per l'azione del polo australe della calamita, composta pure di due forze tendenti allo stesso fine. Ma queste differenti forze son oblique; dunque per valutare gli effetti che fanno nascere, bisogna decomporre ognuna di esse in due, di cui la sola forza normale all'ago contribuisce al risultato. Ora è chiaro che alle differenti normali date da queste decomposizioni, si può sostituire una sola forza, normale pure all'ago, la quale, se l'ago è più vicino al polo boreale della calamita, potrà concepirsi come applicata ad un punto posto tra il mezzo dell'ago e l'estremità che riguarda il nord. Coulomb ha trovato con l'osservazione, che re-

lativamente agli aghi sollecitati dall'azione del globo terrestre, questa forza, detta *direttrice*, dell'ago, è proporzionale al seno dell'angolo che fa la direzione dell'ago fuori del suo meridiano con quella dello stesso meridiano.

Ma il globo terrestre non agisce esclusivamente sui poli dell'ago, esercitando ancora un'azione su' suoi differenti punti; forze ed azioni che han pure una risultante in direzion parallela al meridiano magnetico, e però obliqua all'ago, supposto sempre allontanato da esso meridiano: la qual risultante dee passare per un punto posto nella metà dell'ago, che corrisponde al polo boreale della Terra se si fa l'esperienza nelle regioni boreali, o al polo australe nella supposizione contraria. Ora si è trovato esser costante la forza rappresentata da questa risultante, qualunque sia il numero de' gradi per cui l'ago si allontani dal suo meridiano, e passar sempre per il medesimo punto dell'ago. La teoria stabilisce un'unione fra questi nuovi fatti e quello che danno le forze direttrici proporzionali alle quantità di cui l'ago è stato allontanato dal suo meridiano: cosicchè partendo da quest'ultimo fatto come da un principio d'osservazione, e supponendo che la forza passi sempre per un medesimo punto dell'ago, se ne conclude col calcolo che ella è costante. Coulomb ha preso questi differenti risultati per basi della sua teoria, e se n'è servito con successo per rappresentar con delle formule analitiche le leggi primarie del magnetismo, già determinate dall'esperienza.

955. Che se noi ponghiamo un ago non calamitato nella sfera d'attività di una calamita ordinaria, l'ago riceve la virtù magnetica. Non dobbiam dunque stupire, che l'azione della Terra, estesa a immense distanze, trasmetta un certo grado di virtù magnetica alle verghe di ferro e ad altri simili corpi, la cui forza coercitiva (§. 949) non è abbastanza grande per resistere a quest'azione. Il magnetismo che così ricevono

le verghe di ferro, non è considerabile, ma si può con lo stropicciamento accrescerlo al punto d' eccitare in una lama d' acciaio una grandissima forza magnetica senza la presenza d' una calamita. Ora per dare ad una verga di ferro un principio di magnetismo, la posizione più vantaggiosa è quella che coincide con la direzione d' un ago calamitato liberamente sospeso; perchè allora la risultante di tutte le forze esercitate dal globo terrestre è diretta secondo la lunghezza della verga; mentre la più svantaggiosa si è, quando posta la verga in un piano parallelo alla superficie superiore o inferiore dell' ago, la sua lunghezza è normale alla direzione naturale dell' ago stesso, perchè allora la risultante delle forze del globo terrestre è nel senso della grossezza della verga. Intanto fra queste due posizioni ve ne son molte altre, in cui la verga riceverà più o meno virtù magnetica, secondo che la posizione s' avvicinerà più o meno a quella che dà il *maximum* del magnetismo. L' esperienze conferman questi risultati; 1.^a presa una verga di ferro dolce con tenerla un poco in una posizione inclinata per alcuni gradi all' orizzonte, senza cangiar posizione, presentatene l' estremità inferiore al polo australe d' un ago calamitato; lo respinge: 2.^a fatta scender la verga nella stessa direzione finchè la sua estremità superiore sia dirimpetto al polo stesso dell' ago, vi è attrazione: 3.^a rovesciando la posizione della verga, si trovan rovesciati subito i poli stessi, e l' estremità che respingeva il polo australe dell' ago, lo attrae, mentre quella che lo attraeva, lo respinge; infatti il ferro dolce non opponendo che una debole resistenza al moto interno de' due fluidi componenti il fluido naturale, il magnetismo che riceve è un effetto passeggero, che svanisce al semplice rovesciar della verga per dar luogo all' effetto contrario: 4.^a tenendo la verga nel piano a cui corrisponde la superficie superiore o inferiore dell' ago, di modo che la lunghezza di questo piano sia normale al meridiano

magnetico, l'azione della Terra sulla verga è quasi insensibile; ma l'ago calamitato presentatole decompone una piccola porzione del suo fluido naturale, onde attrae indistintamente quest'ago per le sue due estremità. Si ha l'effetto stesso con un corpo qualunque di ferro molle e di forma bislunga; per cui se ha poca massa, si usi un ago poco calamitato, la cui azione immediata sul corpo non possa alterare l'effetto del magnetismo naturale.

LIBRO XIV.

DELLE METEORE.

956. **D**iconsi *meteore* tutti i fenomeni generatisi nell'atmosfera. Taluni di essi, sotto il nome di *meteore aeree*, consistono in oscillazioni più o meno forti del fluido atmosferico, determinate da un disequilibrio nelle colonne che le compongono. Altri di essi dipendono dall'abbandonar che fa l'aria le molecole aquee, che ella ha la proprietà di disciogliere, e che vengono a precipitarsi, allo scemar della pressione o della temperatura, sotto forma ora fluida ed ora concreta a seconda delle circostanze; e queste chiamansi *meteore aquee*, come la pioggia, la neve, la grandine, la rugiada, le nebbie ec. Molti altri fenomeni atmosferici che si debbono all'azione, dalle molecole aquee disperse nell'atmosfera esercitata sui raggi solari da esse rifratti o riflessi secondo le circostanze, hanno il nome di *meteore luminose*, come l'iride o arco baleno, i parelj, le corone ec. Finalmente altri che ci si presentano con i caratteri della combustione, hanno il nome di *meteore ignee*, come le stelle cadenti, i lampi, il fulmine, gli aeroliti, le aurore boreali ec.

CAP. I.

Delle meteore aeree, o de' venti.

957. **I**l vento non è altro che aria animata da un moto più o meno rapido in una data direzione.

958. E per rapporto o alla lor direzione o ai diversi punti dell'orizzonte donde soffiano, hanno avuto diversi nomi, chiamandosi rispettivamente *vento del nord*, *del sud*, *d'est*, *d'ouest* quello che soffia dal

nord, dal sud verso il nord, d'oriente in occidente, d'occidente in oriente. Si dividono anche in generali o costanti, in periodici o regolari, e in variabili. I *venti generali o costanti* soffian sempre dalla medesima parte, come sono i venti perpetui d'est (*alises*) fra i due tropici, che costantemente soffiano da oriente in occidente, benchè questa lor direzione soffra qualche piccola variazione secondo le differenti declinazioni del Sole (412). I *venti periodici o regolari* soffiano periodicamente da un punto dell'orizzonte in un certo tempo o da un altro punto in un altro tempo, come sono i *moussons*, che soffiano o dal sud-est da Ottobre fino a Maggio e da nord-ovest dal Maggio fino a Ottobre fra la costa di Zanguebar e l'isola di Madagascar, e come sono anche i venti di terra e di mare che soffiano la mattina da mare a terra e la sera da terra a mare (413). I *venti variabili* soffiano ora da un lato

(412) Nel mar Pacifico dal tropico settentrionale sin all'equatore domina il vento continuamente tra l'est e il nord-est; dall'equatore fino al tropico meridionale soffia tra l'est e il sud-est: e son sì regolari, che i naviganti di rado cangian vele: e tanta è la loro celerità, che per lo più si fa il tragitto di quest'immenso oceano in 10 settimane, il che ragguaglia 130 miglia ingl. per giorno; e si fa sempre in due mesi il viaggio di 2500 miglia geografiche da Acapulco verso le Filippine. Il viaggio di ritorno è più incomodo. Kant, *Geogr. fis.* T. 6. pag. 46.

(413) Di questa specie erano anche gli *Etesj*, o Greco-Levante, del mare Egeo; come pure gli Zeffiri, sì celebri fra gli Antichi, erano venti di Ponente: i primi de' quali spiravano al levar della Canicola, e i secondi dopo gli equinozj. Dee osservarsi, che il cangiamento dei venti periodici dall'uno all'altro punto dell'orizzonte non succede immediatamente, ma ora è prevenuto da una gran calma e ora da venti variabili e ora da venti burrascosi. Nel tratto del mare Atlantico sotto la zona temperata il vento del nord soffia costantemente in Ottobre, Novembre e Dicembre e Gennaio, mesi i più favorevoli per andar dall'Europa nell'Indie e per passar la linea col favor di questi venti.

ora dall'altro senza alcuna legge o di luogo o di tempo, e con gran variazioni e nella direzione e nella durata e nella velocità.

959. Ora giacchè l'attrazione del sole e della luna fa provare all'acque del mare, periodiche oscillazioni (§. 217), quest'attrazione prima d'arrivare all'oceano dee attraversar l'atmosfera, la quale senza dubbio dee risentirne gli effetti, soggiacere a dei movimenti simili a quelli del mare, e al pari del mercurio del barometro provar delle agitazioni, che sebbene per se stesse leggiere possono accrescersi sensibilmente per l'influenza delle circostanze locali. Onde possiamo riguardare l'attrazione del sole e della luna come una delle cause che danno origine ai venti, il cui teatro è sempre l'atmosfera. Tuttavia l'azion di questi astri non produce nè nel mare nè nell'atmosfera movimento alcuno costante da oriente in occidente, e però i venti *alises* non posson di quì riconoscer la loro origine: i quali è probabile che dipendano dalla dilatazione cagionata all'aria dall'azion del calore. Infatti è chiaro che il calor del sole, da noi supposto per maggior semplicità nel piano dell'equatore, rarefa le colonne d'aria e le eleva al di sopra del loro livello; e però debbon per il loro peso ricadere, e portarsi verso i poli nella parte superiore dell'atmosfera, mentre intanto nel tempo stesso dee sopraggiungere nella parte inferiore una nuova aria fresca, che arrivando dai climi situati verso i poli rimpiazza quella che è stata rarefatta all'equatore. Dunque così vengono a formarsi due correnti opposte d'aria, l'una nella parte inferiore e l'altra nella superiore dell'atmosfera. Ma intanto la velocità reale dell'aria, dovuta al moto di rotazione della terra, è tanto minore quanto è più vicina al polo, onde avanzandosi verso l'equatore dee girare con più lentezza di quel che facciano le parti corrispondenti della terra. E però i corpi situati alla superficie terrestre debbon'urtarla con l'eccesso di lor velocità, e provarne

per la reazione una resistenza opposta al loro moto di rotazione, cioè all'osservatore che si crede in riposo dee sembrare, che l'aria soffi in un senso direttamente opposto a quello della rotazione della terra ossia d'oriente in occidente.

960. Ma un gran numero di cause diverse possono determinare un disequilibrio nelle colonne fluide componenti l'atmosfera, e complicarsi insieme nella produzione de' venti. Per convincersene basta per un momento riflettere al passaggio del fluido elettrico dall'atmosfera alla terra, e dalla terra all'atmosfera, all'immensa quantità di vapori di cui essa si carica e scarica alternativamente, all'influenza del calore e del freddo sulla di lei elasticità e fluidità, ai cambiamenti infine che la rotazione della terra produce nella velocità relativa delle di lei molecole. E illuminandoci sulla gran varietà delle oscillazioni dell'atmosfera, queste riflessioni ci fan comprendere nel tempo stesso la difficoltà di sottoporle ad una legge invariabile (L'').

961. Dacchè poi i Fisici si son dati il pensiero di misurare la velocità del vento, il mezzo quasi generalmente usato consiste in dargli in balia de' corpi leggerissimi da trasportare, con misurarne lo spazio da essi percorso in un dato tempo; senza però che sian soddisfacenti i risultati delle loro ricerche: poichè Mariotte trovò che la velocità del vento il più impetuoso è di 32 pie. in 1'', e Derham di 66 (ingl.). Per il che dir si dee, che per questo giudizio mancava loro una regola sicura; ed è probabile che il primo abbia preso per il più forte di tutti un vento, che poteva esserlo tuttora una volta di più (414).

(414) Il vento indicato da Mariotte che in 1'' faceva 52 pie., gettò a terra alberi i più forti. Krafft nel 1736 ai 10 Settembre osservò una burrasca che in 1'' si avanzò per 149 pie., e Rochoy nella stessa stagione ne osservò

962. Come pure si sono immaginati degli strumenti atti a misurare insieme la direzione, la durata e la velocità del vento, chiamati *anemometri*. Tale è appunto, semplice ma imperfetto, la banderola dei campanili e delle fabbriche, sebbene non si misuri così la velocità del vento. Il più ingegnoso e il più completo è quello che si trova descritto nella Collezione delle Memorie dell'Accademia delle Scienze an. 1754 pag. 125; il quale oltre al darvi la direzione, la durata e la velocità relativa d'ogni vento, dà anche all'osservatore assente le diverse variazioni della velocità e della direzione del vento, con indicargli insino l'ora della variazione e la durata di ogni vento. Per l'anemometro descritto nelle Transazioni filosofiche, il quale consiste in una lastra mobile su un lembo graduato d'un quadrante, si suppone che il vento soffi perpendicolarmente contro di essa, e ve ne vien notata la forza dal numero de' gradi percorsi.

una che in 1" fece 150 pie. E Kraaf a Pietroburgo trovò una velocità di 109 pie. in 1" e di 129. Secondo Smeathon un gran vento fa 35 miglia ingl. l'ora negli oragani, qual celerità varia dai 15 ai 33 metri per 1". Per le macchine si determina la forza del vento dalla celerità e durata e estensione della corrente aerea. Ora un vento della velocità di un buon camminatore è sufficiente a far girare un mulino e condurre il più gran bastimento: ovvero perchè i venti ordinarij del continente scorrono 5 in 9 metri per 1", se la lor velocità è minore di 4 metri, il mulino a vento cessa di girare; e se è maggiore di 8 metri, bisogna serrar le vele per impedir che si rompano le ale che le reggono.

C A P. II.

Delle meteore aquee.

A R T I C O L O I.

Della pioggia.

963. Chiamasi *pioggia* l'acqua che cade dal seno dell'atmosfera sulla superficie terrestre sotto la forma di goccioline: e si può distinguere in due specie cioè *pioggia ordinaria* e *pioggia oragana*.

964. *Pioggia ordinaria*. Nell'esporre le proprietà chimiche dell'aria e dell'acqua si è veduto, 1.° che questi fluidi esercitano l'uno sull'altro un'attrazione reciproca, ma diseguale, per cui l'acqua discioglie dell'aria, e l'aria pure discioglie dell'acqua ma in maggior dose; 2.° che l'aria appunto discioglie tanto maggior dose d'acqua quanto è più compressa, e più elevata ne è la sua temperatura. Dal che segue che 1.° l'atmosfera contien sempre una quantità d'acqua proporzionale alle due cause, pressione e temperatura, concorrenti a produrre la dissoluzione dell'acqua per mezzo dell'aria: 2.° al crescer della pressione e temperatura o insieme o separatamente, cresce ancora la facoltà dissolvente dell'aria; il che fa vedere che negli ardori cocenti dell'estate l'atmosfera contiene una gran quantità d'acqua che non altera punto la sua trasparenza perchè vi è perfettamente disciolta, e che non manifesta la sua presenza sul capello dell'igrometro (415): 3.° e se o insieme o separatamente

(415) Che abbia in se l'atmosfera una quantità d'acqua

creascono la pressione e la temperatura, l'aria dee abbandonare una parte dell'acqua tenuta in dissoluzione; allora le molecole d'acqua abbandonate dall'aria abbandonano lo stato elastico e recuperano la liquidità, e quelle che si trovano vicine obbedendo alle leggi dell'attrazione si riuniscono e si precipitano in virtù delle gravità sulla superficie terrestre. Onde la pioggia ordinaria dipende dall'abbandonar che fa l'aria una porzione dell'acqua tenuta in dissoluzione, abbandono determinato sempre da una diminuzion di pressione o di temperatura, e talor' anche da una diminuzion simultanea dell'intensità di queste due cause.

965. Dunque per esser le piogge non altro che molecole d'acqua dall'aria abbandonate dopo averle disciolte è chiaro, che questa dissoluzione esser dee più abbondante sui mari ed i laghi che su terreni che somministran meno evaporazione. Perciò, tutto il resto essendo eguale, le piogge son più frequenti vicino alle coste che in mezzo ai continenti e alle grand'isole.

che si palesa a un cangiamento di temperatura, lo dimostra il porla a contatto con corpi di una temperatura più bassa della sua, perchè lo strato d'aria che involupa e circonda questi corpi, dee raffreddarsi e abbandonar tutta l'acqua che teneva disciolta in grazia dell'eccesso della sua temperatura; ond'è che quest'acqua dee attaccarsi in stato di liquido alla superficie de' corpi suddetti se ne son suscettibili, altrimenti dee dissiparsi insensibilmente nell'atmosfera. Perciò si veggon sudare in estate le bottiglie appena tolte dalla cantina, ove stavano ad una temperatura più bassa di quella dell'atmosfera a cui si trasportano, finchè a poco a poco non abbian preso la di lei temperatura: e perciò sudano i vetri delle finestre nell'inverno quando l'aria esteriore è più fredda di quella della stanza ec., dove il calorico che è a contatto con i vetri tende a mettersi in equilibrio col calorico esteriore, e intanto le molecole del vapore contenuto nell'aria vicina a' vetri si riuniscono e si restringono e formàn le goccioline ec.

Ed ecco perchè i venti d'ovest e del sud ci danno spesso delle piogge, giacchè il vento d'ovest ci reca le nuvole formate sull'oceano, e il vento del sud quelle che si formano sul mediterraneo (416).

966. Sa ognuno che la pioggia secondo le circostanze produce de' buoni o de' cattivi effetti. Per lo più son salutari le piogge di primavera e d'estate, perchè

(416) In generale 1.° tutte le punte alte e isolate sono altrettanti punti fissi, intorno a cui si riuniscono i vapori, e dove producon piogge quasi continue: 2.° le vaste pianure son meno esposte alle piogge di quel che lo siano i paesi montuosi: 3.° piove spesso sulle montagne, che sono al nord della Giamaica, mentre non piove mai nei piani estesi fra l'est e l'ovest; come pure non piove nell'Egitto e nel Perù, e piove quasi ogni giorno a Quito: 4.° le piogge son regolari nella zona torrida, dove le cause che le producono hanno una grande uniformità, perchè vi è sempre la stessa la forza del sole, è costante l'evaporazione del mare, e i venti hanno una durata determinata; nelle zone temperate all'opposto sono irregolari: 5.° ne' nostri climi la primavera e l'autunno son le stagioni più favorevoli alle piogge, perchè l'ardore del sole è più temperato e l'evaporazione è più eguale e abbondante, e perchè il calor del giorno non è più in proporzione con le frescure della notte, e i vapori hanno poco tempo per condensarsi e far delle nuvole: l'estate avrebbe le sue piogge se i molti vapori elevatisi assai in alto non venissero ad esser dissipati dall'ardore del sole, i quali perciò difficilmente unir si possono in pioggia menochè non gli condensi un vento alquanto freddo; e nell'inverno per esser troppo debole il calore i vapori che si alzano poco alto non passan la regione inferiore dell'atmosfera, dove o formano le nebbie o ricadon presto in brinata ed in pioggia sottile: 6.° che le goccioline della pioggia cadan giù o fitte o rade dipende dalla densità varia delle nuvole; e che nell'estate sian più grandi dipende dal cader che fanno da un'altezza maggiore, nel percorrere la quale si uniscon per strada le une alle altre: 7.° nei nostri climi esse hanno di rado più di $\frac{1}{4}$ di poll. di diametro, mentre nella Norvegia se ne veggono anche del diametro di 1 poll.

infrescan l'aria, purifican l'atmosfera, temperano l'attività di un caldo incomodo, umettano un terreno arido e disseccato, e alle piante che son per languire recano l'alimento necessario per la vegetazione. Dovchè le piogge d'autunno e d'inverno divengon funeste se sòn troppo copiose, perchè all'aria che sempre ci circonda insinuano un carattere d'umidità la di cui influenza sull'economia animale è spesso pericolosa, ritardano la maturità de' frutti, nuotono ai progressi della vegetazione, degradano le strade, fanno straripare i fiumi e così arrestare il corso della navigazione.

967. E' già lungo tempo che all'Osservatorio di Parigi si misura la quantità di pioggia che cade nel corso d'ogni anno: e l'istrumento a tal' uopo (*pluviometro*) è un vaso cilindrico graduato nella sua lunghezza a pollici e linee; ondè ogniqualevolte piove vi si osserva di quante linee si è l'acqua elevata col notare le diverse elevazioni, cosicchè alla fine dell'anno si rileva la quantità di pioggia caduta in 12 mesi. Le quali osservazioni, ripetute esattamente per un seguito di anni, ci hanno insegnato che annualmente ne cade

a Parigi	poll. 19	Padova	poll. 77.6
Lione	37	Leida	29.6
Londra	35.2	Aja	27.6
Roma	20	Zurigo	32
Pisa	34.6	Wertemberg	16.6 (417)

(417) a Upsal	poll. 16	a Firenze	poll. 37
Edimburgo	23½	in Lombardia	27
Algeri	29	Italia	33
Madera	33	Germania	40
Charlestown (Amer.)	54	Francia	22
		sotto la zona torrida.	60

cioè se la pioggia non s'internasse dentro la terra nè punto si disperdesse, basterebbe ad allagare per es. l'Italia all'altezza di 33 poll.

968. *Pioggia oraganosa*. La pioggia d'oragano è una pioggia abbondante e poco durevole, per lo più preceduta da un caldo affannoso e da venti impetuosi, e accompagnata sempre da lampi, fulmini e tuoni.

969. Questi diversi fenomeni che si combinano nella formazione degli oragani, erano in antico attribuiti ad una viva fermentazione prodotta naturalmente nel seno dell'atmosfera, e quasi simile a quella che si suscita ne' nostri elaboratorj nel mescolare una buona dose di zolfo, di carbone e di nitrato di potassa, la cui temperatura è accresciuta dalla presenza di un corpo ignescente: opinione tenuta da' Fisici fino all'epoca in cui Franklin ha tolto il fluido elettrico alle nuvole oraganose; e l'ha fatto servire ad imitar fino a un certo grado i fenomeni che accompagnano gli oragani. Fin d'allora si son riguardati come fenomeni elettrici il tuono, il fulmine e i lampi; cosa che nello stato attuale delle nostre cognizioni non soddisfa il Fisico, e d'altronde è insufficiente a render ragione di quelle ondate improvvise e istantanee, caratteristiche degli oragani. Quindi è che a me sembra probabile non esser il fluido elettrico l'unico agente impiegato dalla natura per produr gli oragani, nella cui produzione si combinan più cause che ora dobbiamo investigare e analizzare. Al qual'effetto si debbon fare le due considerazioni seguenti.

I.^a La zona torrida è il teatro favorito degli oragani, i quali mai si fanno sentire nei paesi vicini ai poli; mai tuona nella Graenlandia nè nella baja d'Hudson (Musschembroeck, *Physique* T. 2. pag. 414): e nelle zone temperate a misura che ci avviciniamo ai tropici, più violenti e più frequenti son gli oragani, e alla latitudine di 40° in 50° l'estate è la stagione ordinaria degli oragani. Questi fatti comprovati da una lunga serie di esatte osservazioni ci fanno naturalmente concludere, che i giorni oraganosi son segnati da uno sviluppo rimarchevole di gas ossigeno e di gas idrogeno, prodotti dalla decomposizion dell'acqua: e perchè gli

strati atmosferici che noi abitiamo non rinchiodon mai che gas ossigeno e gas nitrogeno o azoto mescolati in una giusta proporzione, vi è luogo a sospettare col cel. Lavoisier, che il gas idrogeno se ne voli nelle alte regioni dell'atmosfera, dove va ad occupare il posto assegnatogli dalla sua gravità specifica; e forse il gas ossigeno gli serve d'inviluppo, e la leggerezza specifica dei piccoli globetti determina la loro elevazione, favorita anche da venti impetuosi che ordinariamente precedono o accompagnano gli oragani.

II.^a Un gran numero d'esperienze fatte con l'elettrometro non ci lascian dubitare, che ne' tempi oraganosi il fluido elettrico non si trovi sovrabbondante nelle alte regioni dell'atmosfera, mentre un gran numero delle sostanze di cui è composto il globo terrestre e il suo inviluppo atmosferico, ricercan vivamente una porzione del loro fluido naturale che probabilmente ha servito a volatilizzar certi corpi, e a dar loro la leggerezza che viene poi a determinare la loro elevazione nell'atmosfera. Perciò i tempi oraganosi presagiscono il ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, cioè il suo passaggio dagli alti strati atmosferici nei diversi corpi terrestri che sollecitano il suo ritorno. Nel qual passaggio, che succede con una rapidità impercettibile, il fluido elettrico dee trovar per istrada del gas ossigeno e del gas idrogeno con effettuarne la lor combinazione, la quale fa nascere violente esplosioni, e una quantità d'acqua proporzionale alla quantità de' fluidi aeriformi che han servito a produrla. Come mai negare alla riunione del gas ossigeno e del gas idrogeno e della scintilla elettrica l'ufficio di produrre la pioggia che cade in un tempo in cui tuona o lampeggia? L'atmosfera non contiene principalmente che dell'aria e dell'acqua disciolta da essa, onde la pioggia oraganosa ha per causa o l'abbandono che fa l'aria dell'acqua da lei tenuta in dissoluzione o la combinazione delle basi del gas ossigeno e del gas idrogeno mediante la scintilla elettrica.

Quando in un fenomeno più cause isolate posson produrre un effetto, non si può scoprire a quale di queste cause appartenga l'effetto se non coll'interrogarne ciascuna separatamente. Perciò bisogna esaminare se è probabile, che l'acqua tenuta in dissoluzione dall'aria atmosferica si riunisca in masse sensibili da produrre la pioggia nell'atto stesso in cui si forma l'oragano. Dietro a quest'opinione come spiegare il perchè le piogge oraganose sono improvvise e istantanee? il perchè la pioggia non cade che quando è formato l'oragano? il perchè la pioggia finisce precisamente insieme con l'oragano? il perchè finalmente la pioggia oraganosa è sì favorevole alla vegetazione? Pare che queste circostanze riunite confermino l'influenza del fluido elettrico sulla formazione di questa specie di pioggia: e però noi possiamo con qualche verisimiglianza attribuirla al concorso reciproco del gas ossigeno, del gas idrogeno e della scintilla elettrica. Questa pioggia non comincia che quando si trovano riuniti nell'atmosfera questi tre elementi dell'acqua, l'assenza di uno dei quali sembra annunziare il termine della pioggia. Così pure quando mediante il fluido elettrico si uniscono insieme strettamente per formar la pioggia oraganosa le basi del gas ossigeno e idrogeno, questa combinazione produce delle violente esplosioni che costituiscono il tuono. Se prima si credeva d'imitarlo con l'ajuto delle nostre macchine elettriche confondendo questa terribil meteora con alcune leggiere esplosioni prodotte dalla scarica di una boccia, oggidì i Fisici non tentano d'imitarlo che col far passare la scintilla elettrica attraverso ad una serie di pistole di Volta, cariche di una mescolanza ben proporzionata di gas ossigeno e idrogeno. Intanto dee dirsi che la scienza delle meteore è e sarà per lungo tempo nella sua infanzia; perchè quasi tutte son prodotte lungi dalla sfera di nostra attività da esseri impossibili ad esser sottoposti alle nostre prove. Però essendo noi nel caso di sol

formare dei sospetti sulla causa delle meteore, e di presentare delle congetture sul meccanismo della lor formazione, saran queste tanto più ammissibili quanto più perfetta sarà l'imitazione de' fenomeni su cui si fondano. Ora qual'è il mezzo che può servirci ad imitare questa meteora che nel tempo stesso ci presenta lo spettacolo de' lampi, del tuono e delle piogge, se non il mezzo di far passare la scintilla elettrica attraverso a una serie di pistole cariche di una mescolanza conveniente di gas ossigeno e idrogeno? Dunque possiam sospettare che la causa degli oragani nasca dal combinarsi questi tre elementi, ossigeno, idrogeno, scintilla elettrica; i quali se non esistessero realmente nell'atmosfera, si potrebbe dar loro una esistenza ipotetica e riguardarli come equivalenti a quelli che mette in uso la natura per dare origine alle meteore che ci offre lo spettacolo simultaneo della pioggia, del tuono e de' lampi.

A R T I C O L O H.

Delle nebbie.

970. Non vi è persona che non abbia osservata questa meteo^{ra}, la quale si manifesta alla superficie terrestre sotto la forma di un vapore più o meno denso, che turba la trasparenza dell'aria, ed immerge talvolta, specialmente di notte tempo, estensioni assai grandi di paese in una perfetta oscurità. Sebbene veggansi le nebbie in ogni paese, pure le offrono più frequenti, più dense e più durevoli i luoghi frigidì, paludosi, e irrigati da molti fiumi. Anche alla superficie del mare si osservano sì dense nebbie che con rischio non piccolo impediscono la vista degli astri e gli oggetti proprj a rischiarare il cammino. Particolarmente poi hanno luogo nell'inverno anche ne' paesi i più caldi; e a Lima e nelle vallate del Perù

la terra nella stagion fredda è coperta di folte nebbie, che si estendono fino sul mare.

971. Era riserbato alla moderna Fisica il darne una spiegazione semplice e chiara. L'aria in contatto con l'acqua ne discioglie tanto maggior dose quanto più elevata è la temperatura e maggiore la pressione; e l'acqua così disciolta nell'aria aumenta la sua leggerezza specifica senza turbar la di lei trasparenza e si eleva nell'atmosfera. E quando ad una data temperatura l'aria si è saturata di tutta l'acqua che tener poteva in dissoluzione, se viene a abbassarsi la sua temperatura o scemar la pressione, scema la facoltà dissolvente dell'aria, e se ne separa una porzion dell'acqua che vi era unita. Se le molecole aquee abbandonate dall'aria non danno massa sufficiente per superare l'aderenza che hanno con l'aria e per precipitarsi in forma di pioggia, restan' esse sospese nell'atmosfera turbandone la trasparenza; e secondochè sono esse o nelle alte regioni dell'atmosfera o alla superficie terrestre, formano o le nuvole o le nebbie (418).

(418) V. Haüy (*Phys.* §. 447), e Brisson (*Dict. phys.* art. *brouillard*), e Richard (*Hist. des meteor.* Disc. 8. §. 1..... 9), Kant (*Geogr. fis.* Milano 1811. T. 6 p. 80). 1.° Il calor della nebbia è sempre maggiore di quel dell'aria da cui è circondata, come lo mostra il termometro. 2.° Saussure rimirando col microscopio le vescichette de' vapori della nebbia vi scorre per lo più un sensibil movimento intestino, che nasce dall'elettricità positiva della nebbia, la quale è talora sì forte che fa sentirci un odore fosforico disgustoso e malsano; il che accade in tempo di siccità e di sera o di buon mattino. 3.° Quando la nebbia riposa interamente sulla terra, dà ai corpi e ai prati su cui si alza per alquanti pollici, l'aspetto del mare; talora offusca l'aria fino all'altezza di 300^l, sebbene possano alzarsi anche a 13500^l dove forman le nuvole ec. 4.° Si son sofferte fra noi delle nebbie sì folte da non far distinguere le persone e le carrozze. 5.° Tut-

972. In alcuni paesi la nebbia ha un odore acre e fetido che cagiona delle malattie e rende malsani i paesi: effetto il quale nasce dai fluidi elastici, idrogeno e azoto, che si sviluppan dalla terra e tengono in dissoluzione de' corpi combustibili, come lo zolfo, il carbone, il fosforo ec.; fluidi i quali nell'attraversar l'atmosfera per andare a porsi nell'ordine lor destinato dalle lor gravità specifiche, incontrando la nebbia vi si soffermano a motivo della loro attrazione per l'acqua, e comunicano alla nebbia il loro odore e le nocive lor qualità.

A R T I C O L O III.

Della neve.

973. La neve non è altro che acqua congelata, la quale in certe circostanze cade dal seno dell'atmosfera sulla superficie terrestre sotto forma di una moltitudine di fiocchi separati fra loro nella loro caduta, e di una bianchezza vivace che abbaglia.

974. Nella sua cristallizzazione la neve affetta la figura di piccole stelle esagonali, che terminano in punte acutissime, e che aggruppandosi le une sulle altre formano un gran numero di figure regolari. Se talvolta accade che la neve non offra alcun segno di sua cristallizzazione primitiva, bisogna darne la causa o alla velocità di sua caduta o all'abbondanza con cui cade o ad una temperatura troppo elevata negli strati atmosferici che attraversa: tutte circostanze che riunite o isolate debbon per necessità far provare

fora non si conosce la natura di quelle nebbie secche e dense e alte, che dominarono nel 1783 quasi tutta l'Europa, benchè da taluni si credan nate dal grand'incendio sotterraneo dell'Islanda e dai terremoti di Sicilia e Calabria.

un'alterazione sensibile ai cristalli di cui è composta la neve; e allora la lor riunione non dee presentare che masse a fiocchi. Vi è bensì questa singolarità, che la figura della neve, la quale varia nei differenti tempi, è costantemente la stessa nel giorno medesimo o almeno nell'istessa nevata, cioè i fiocchi che cadono insieme non differiscono che nella grossezza, ed hanno tutti la stessa figura; se non che solo la neve d'oggi può avere una figura differente da quella che aveva la neve di jeri: e di più la disposizione dei piccoli diaccioli è costantemente la stessa in tutti i fiocchi che cadono nella medesima nevata. Il che probabilmente dipende da questo, che i fiocchi di neve che cadono nel giorno stesso o nella stessa nevata, si formano in simili circostanze; cosa che non ha luogo per quelli che cadono in giorni diversi.

975. La neve è molto più leggiera del ghiaccio ordinario, giacchè se il volume del ghiaccio non supera che di circa $\frac{1}{9}$ quello dell'acqua che ha servito a formarlo, la neve che ne cade ha 10 in 12 volte più di volume dell'acqua da lei somministrata nel fondersi. Tuttavia Musschembroek pretende d'aver misurato esattamente della neve che era in forma di stelle, e di averla trovata 24 volte più rara dell'acqua.

Quando non è caduto che 1 in 2 centim. di neve, si vede sparire in meno di 2 giorni per mezzo d'un vento secco e nel maggior gelo: il che significa che l'evaporazion della neve è considerabilissima, mentre ciò indubitatamente nasce dall'esser la neve composta di un gran numero di particelle di ghiaccio molto disunte e dal presentare all'aria in conseguenza di ciò un'infinità di superficie.

976. La neve cede facilmente alla compressione; anzi quand'è fortemente compressa, perde in parte la sua opacità e il suo candore. E ciò senza maraviglia, perchè agli occhi d'un attento osservatore ognuno de' piccoli diaccioli componenti la neve gode

della trasparenza; e dall' altra parte in una massa di neve tutti i piccoli diaccioli son separati da degli intervalli pieni d' aria, la di cui refrangibilità è molto differente da quella della neve: perciò il fluido luminoso dee soffrirvi un gran numero di refrazioni, che alla neve debbon dare l' opacità e il candore. Ma poi, perchè con una forte compressione si avvicinano molto le particelle della neve, e se ne scaccia l' aria interpostavi avanti la compressione fra i piccoli cristalli, son meno differenti in refrangibilità i mezzi da attraversarsi dal fluido luminoso, e però vi succedon meno riflessioni, e la neve vi perde in parte il suo candore e la sua opacità.

977. E perchè appunto la neve riflette fortemente il fluido luminoso, dee restarne offeso chi con una vista debole e delicata dee sostenerne l' aspetto per lungo tempo. Perciò qual meraviglia che dopo avere l' armata di Ciro camminato per molti giorni a traverso di montagne coperte di neve, molti soldati vi perdesser la vista, e moltissimi altri abbian patito in un organo sì delicato una pericolosa infiammazione?

978. Quando la neve comparisce dopo alcuni giorni di un forte gelo, si osserva che il freddo, benchè sempre vicino alla congelazione, prova un degradamento sensibile. E ciò perchè nevicando da una parte il tempo dee esser brusco e coperto, e dall' altra parte i venti del sud, ovest, ec. che ricoprono il cielo di nuvole, diminuiscon *quasi sempre* l' attività del freddo: e ho detto *quasi sempre*, perchè ognun sa che talora nevicava in un freddo assai vivo ed acuto, che pure aumenta dopo la caduta della neve. Musschembroek osservò, che la neve fatta a aghi è foriera di un freddo eccessivo, e che quella che cade in un tempo dolce ed è mescolata con la pioggia, prende la forma di grossi fiocchi (419).

(419) Il volume diverso de' fiocchi di neve è ora 3 in 6.

Dunque la neve aver dee un'influenza notabile sulla costituzion dell'atmosfera. Però i venti che passano per i monti nevosi, fanno provare un gran freddo ai piani vicini dove si fanno sentire: e le nevi perpetue delle Cordegliere temperan molto gli ardori cocenti del Perù, come è anche in molti paesi della zona torrida o fuori di essa presso ai tropici.

979. Nel fondersi poi che faccia la neve all'improvviso quali inondazioni fatali non reca per mezzo de' fiumi da lei alimentati all'eccesso? Ma quando si fonde lentamente ed a gradi, oltre all'utile alimento che ne ricevono i fiumi ed i rivi, col coprire che ella fa le piante nel rigor dell'inverno somministra maggior attività ed energia allo sviluppo della vegetazione in primavera, dove al contrario col fondersi all'improvviso alterar potrebbe o anche distruggere l'organizzazione de' vegetabili. Bensì nient'altro nuoce tanto agli alberi e alle piante quanto una neve che soggiornando sul terreno se ne fonda una parte di giorno per poi rigelarsi la notte successiva. Di qui ebbe origine in molte parti della Francia la perdita di un gran numero d'alberi preziosi nell'inverno del 1755.

980. Finalmente per esser la neve acqua congelata è chiaro, che essa non può formarsi se non che quando l'aria abbandona l'acqua negli strati atmosferici raffreddati al grado della congelazione o più ancora. Perciò se nella sua caduta la neve attraversa per strati d'aria calda, ne resterà fusa prima di giungere alla

ora 8 in 12 volte maggior del volume d'acqua prodotto dal loro scioglimento, e dipende anco dall'elettricità. La neve serve alla campagna e di riscaldamento e di letame, ed è un rimedio efficace per chi è intirizzito dal freddo, e preserva i cadaveri dalla putrefazione; e nell'Islanda se ne servono per antisettico per conservare il pesce, al pari del sale e della salamoja fra noi. (Richard, *Hist. des meteor. disc.* 11).

superficie terrestre; ond'è che mai si vede neve nella zona torrida, nè fra noi nell'estate meno che sulla cima degli alti monti.

ARTICOLO IV.

Della grandine.

981. Si dà un tal nome a dei diaccioli quasi sferici formati di gocce d'acqua consolidate nel seno dell'atmosfera, e che in tale stato vengono a cadere sulla superficie terrestre (420).

982. A prima vista par naturale che la grandine e le gocce di pioggia dovrebbero aver quasi la stessa grossezza. Pure non è così, poichè, mentre queste han per lo più 2 in 3 lin. di diametro, e talora ma di rado 10 in 12, tuttavia rispetto alla grandine se ne son visti cadere dei pezzi di un grosso volume del peso di più di 1 libbra per pezzo. La ragione si è, che se i chicchi di gragnola all'epoca della lor formazione hanno probabilmente la grossezza ordinaria delle gocce di pioggia, perchè un chicco di essa già formato da un alto grado di freddo gela tutte le molecole aquee che incontra nella sua caduta, può divenire il nocciolo di uno o di più strati di ghiaccio, che aumenteranno assai il suo volume e il suo peso. Infatti in conferma di quest'opinione è da riflettersi, che la grandine non è mai d'una densità uniforme dalla superficie fino al centro.

(420) Canton osservò, che la pioggia, specialmente quando le gocce son grosse, indebolisce assai il fuoco elettrico de' conduttori, e che in tal caso nell'estate la grandine non manca mai. Si vede che dalla pioggia partendo il fuoco elettrico, quella si gela e forma la grandine. Dunque un concorso di nuvole non elettrizzate con un nuvolone piovoso molto elettrizzato, come si osserva ne' temporali, produce la gragnuola.

Tem. III.

983. Al pari della sua grossezza e figura ne son pur variabili il colore e la trasparenza; poichè i chicchi di gragnola son per lo più opachi e biancastri, e di rado han la trasparenza dell'acqua, e talvolta mentre è molto bianco il loro nocciolo, hanno una perfetta trasparenza gli strati solidi che lo rivestono.

Chi poi non conosce gli effetti terribili della grandine? come guastar frutti e biade, fracassar alberi, far perire gli abitanti dell'aria, uccidere i greggi esposti al colpo di sua caduta, ferir anche mortalmente gli uomini che han la disgrazia di non poterne sfuggire il pericolo e il danno: e più terribili anche sarebber questi effetti funesti della grandine, se la resistenza dell'aria non ne alterasse moltissima la velocità impressa dalla gravità.

984. Del resto il cader della gragnola è accompagnato da alcune circostanze che possono sparger luce sul meccanismo della sua formazione: 1.° il tempo è fosco, bujo, nero, oraginoso, se la grandine è in certa quantità: 2.° essa cade per lo più negli ardori cocenti dell'estate e sul finire del giorno: 3.° l'atmosfera è contemporaneamente il teatro della gragnola e del fulmine: 4.° benchè talvolta sia caduta la grandine nell'inverno, la sua caduta è stata accompagnata dal pronto apparir dei lampi e dall'orribil fracasso del tuono.

985. I Fisici di tutti i tempi si sono studiati di conoscere la causa fisica della grandine. Cartesio avea immaginato, che le nuvole ove essa si forma sian composte di piccolissime particelle di neve o di ghiaccio che si fondono per metà e si riuniscono, mentre un vento freddo che sopraggiunge ne compie la congelazione. E Musschembroek attribuisce la formazione della grandine a degli atomi frigorifici, che trovandosi sparsi per le regioni atmosferiche congelano le gocce di pioggia. Alcuni Fisici moderni pensano, che la grandine si produca negli strati atmosferici molto elevati; che appena l'aria abbandona l'acqua

tenuta in dissoluzione, e appena le molecole aquee hanno una massa sufficiente da vincer la resistenza dell'aria, in virtù della velocità loro impressa dalla gravità si precipitano, con esser la lor caduta seguita da una evaporazione rapida che determina la lor congelazione; e che la velocità della caduta rinnova di continuo il lor contatto col dissolvente, e fa loro provare una forte compressione per parte degli strati atmosferici da essa attraversati. Ma finalmente Volta in questi ultimi tempi si è dato a fare su ciò delle ricerche, che gettan del lume sulla formazione della grandine.

Ordinariamente essa non ha luogo che ne' gran caldi dell'estate e sul declinare del giorno: allora la parte superior della nuvola donde parte l'oragano, è colpita dai raggi di un sole vivissimo e cocentissimo verso l'ora ed i giorni i più cocenti dell'anno; onde questa parte dee provare un'evaporazione assai rimarchevole, evaporazione favorita dall'aria secca che circonda la nuvola, evaporazione sufficiente a produrre un freddo da congelar l'acqua. Ma come mai goccioloni di più onte posson formarsi nell'aria, e perchè non cadono prima d'aver questo peso? Volta suppone due nuvole sovrapposte ad una certa distanza l'una sull'altra con avere elettricità opposte: il piccol chicco di grandine formato fra le due nuvole ne viene a vicenda attratto e respinto: le gocce di pioggia che vi cadon sopra si congelano alla di lui superficie con aumentarne successivamente il volume: alla fine coti essere una di queste nuvole trasportata dai venti o col perdere della sua elettricità a motivo delle detonazioni successive del tuono, la grandine perde il suo sostegno, e viene a precipitare con maggiore o minore violenza.

In seguito Volta si occupa a conoscer la causa di quella piccola gragnola che si osserva nell'inverno e specialmente nel principio di primavera: e la riguarda come formata dalla sospensione e dalla ripulsione

di una sola nuvola fortemente elettrizzata; e gli sembra che la forza attrattiva e ripulsiva di questa nuvola sia capace di sostener in aria per qualche tempo le piccole gocce d'acqua che cadono, e che si congelano per il freddo allor regnante nella nuvola. Il non mai grandinare e il di rado tonare nell'inverno secondo Volta dipende dal non farsi mai in tale stagione un accumulamento sufficiente d'elettricismo; gli umori abbondanti che in tale stagione regnano spesso nell'atmosfera, e la bassezza delle nuvole, ne trasmetton l'elettricismo al globo terrestre: l'acqua congelata dal freddo cade allora sotto forma di neve.

L'elettricità delle nuvole è più forte nella primavera, e l'acqua congelata può esserne sostenuta per qualche tempo nell'aria: allora essa cade sotto forma di minuta gragnola chiamata *brina*.

Finalmente in estate le nuvole sono fortemente elettrizzate, le une in più e le altre in meno: e allora noi vediamo formarsi quelle grandinate disastrose, accompagnate da reiterate esplosioni di tuoni e di fulmini.

A R T I C O L O V.

Della rugiada e del sereno.

986. Si dà il nome di *rugiada* a delle piccolissime gocce d'acqua, che nei caldi si fan veder nel mattino sulle piante, sui tetti, su tutti i corpi in somma che per non esser suscettibili di lasciarsi penetrar dall'acqua sono esposti all'influenza dell'aria atmosferica.

987. Per concepire il modo con cui si forma la rugiada bisogna sovvenirsi, che l'aria ha la proprietà di discioglier l'acqua, e che questa sua facoltà dissolvente è in ragion della pressione dell'atmosfera e della sua temperatura. Ora nella stagione delle rugiade i raggi solari esercitano una grand'attività sulla terra, la quale ne viene assai riscaldata al pari dell'aria

ambiente; il qual' aumento appunto di temperatura dell'aria per la presenza del sole sull'orizzonte determina la dissoluzione d'una gran quantità d'acqua, se non che appena il sole abbandona l'orizzonte scema la temperatura dell'aria e però anche la di lei facoltà dissolvente; onde restando abbandonata a se stessa una porzione dell'acqua disciolta nel giorno dall'aria riscaldata, le molecole aquee col ricuperar la lor libertà ondeggiano in principio, o per la lor leggerezza o per un resto d'attrazione per l'aria, negli strati inferiori dell'atmosfera, e costituiscono ciò che si conosce sotto il nome di *sereno*. Nella durata della notte la temperatura dell'aria soffre una successiva diminuzione, la quale fa sì che questo fluido aeriforme abbandoni successivamente tutta l'acqua disciolta da esso nella giornata: ed è facile il concepire che quando la temperatura dell'aria è giunta al *maximum* del suo scemamento, cioè nel momento in cui il sole comparisce o è per comparire sull'orizzonte, le molecole aquee restano affatto abbandonate alla propria gravità, e obbligate a depositarsi sulla superficie terrestre o su quella de' corpi da esse incontrati nel cadere.

988. Ma esiste un'altra specie di rugiada, che lungi dall'esser prodotta dalle molecole aquee disciolte dall'aria nella giornata e dall'aria abbandonate nella notte, vien formata dai vapori che filtrano per i fusti, i rami, le foglie de' vegetabili, e vi si riuniscono in goccioline. Infatti coprendo la sera una pianta con una campana di vetro o in altro modo, la mattina si trova essa pure coperta di rugiada al pari dell'altre piante state nella notte esposte all'influenza dell'aria libera, come è ricoperta della cadente rugiada la campana stessa di vetro destinata a coprire la pianta.

989. L'esatte esperienze di Dufay, di Musschembroek e di altri Fisici sulla rugiada portano, che sul vetro e sulla porcellana si deposita in maggior' ab-

bondanza che sugli altri corpi, nè mai si attacca ai metalli ben levigati per via d'attrito. A tal effetto Dufay espose all'aria di notte una sottocoppa di porcellana in mezzo ad un piatto d'argento e accanto una sottocoppa d'argento su un piatto di porcellana: e vide che la prima fu coperta di rugiada senza che neppur una goccia ne avesse il piatto su cui stava la sottocoppa, mentre al contrario la seconda d'argento non ne ricevè grado alcuno d'umidità, con esserne però il piatto di porcellana che la sosteneva coperto affatto di rugiada.

990. In due maniere va la rugiada a dissiparsi, poichè o resta assorbita dai corpi su cui si deposita quand'hanno per essa più attrazione dell'aria, o s'eleva di nuovo nelle regioni atmosferiche quando ne viene aumentata la temperatura dell'aria dalla presenza del sole sull'orizzonte, dando all'aria stessa la facoltà di discioglierla. Se la rugiada nel cader sulla superficie terrestre la trova assai frigida per farla convertire in diaccioli, forma la *brinata*. E se è abbondante e passa di nuovo negli strati inferiori dell'atmosfera, ne altera ordinariamente la trasparenza, e vi fa nascere la meteora da noi conosciuta sotto il nome di *nebbia*.

991. *Sereno* o *guazza*. Così chiamasi l'umore che si manifesta nelle serate d'estate per l'atmosfera una in due ore dopo il tramontar del sole. L'aria discioglie l'acqua, e a cose eguali la sua facoltà dissolvente è in ragion della temperatura: onde quando i raggi solari esercitano una grand'attività sulla terra, questa si riscalda assai insieme con l'aria ambiente; il qual aumento della temperatura dell'aria nella durata della presenza del sole sull'orizzonte, determina la dissoluzione d'una gran quantità d'acqua, se non che appena il sole abbandona l'orizzonte, divien minore la temperatura dell'aria, scema la sua facoltà dissolvente, e resta abbandonata una porzione dell'acqua disciolta nel giorno dall'aria riscaldata; e però le

molecole acque rievata la lor libertà ondeggiano o per la lor leggerezza o per un resto d'attrazione per l'aria, negli strati inferiori dell'atmosfera, e danno origine a questa meteora.

ARTICOLO VI.

Delle trombe.

992. La meteora nota sotto il nome di *tromba* presenta l'aspetto d'un ammasso di vapori o di una nuvola densissima, che ha la forma d'un cono roversciato e basato ad altre nuvole a cui par come sospeso. Se la tromba si forma sul mare, vediamo alzarsi sulla sua superficie una massa d'acqua sotto forma d'un cono, il cui asse si trova nella stessa direzione del cono superiore: si sente un romore simile a quello del mare in burrasca, l'acqua si precipita da diverse parti della tromba, e la di lei caduta è spesso unita ad una grandine copiosissima ed a venti impetuosi. I mali orribili di questa meteora son sì noti ai marinari, che appena veggono una tromba, fan tutti gli sforzi per evitare il pericolo della di lei presenza, e quasi sempre la sommersione istantanea del vascello è stato il premio di quei temerari piloti che han voluto affrontare questa terribil meteora.

993. Alcuni Fisici pongon le trombe nella classe de' fenomeni elettrici; al qual oggetto Brisson cita quest' antichissima esperienza. Riempito d'acqua un piccol vaso metallico, se gli si presenta alla distanza di alcuni poll. un tubo elettrizzato per sfregamento, subito l'acqua del vaso si alza sotto la forma di una colonna che si sostiene fino all'istante dell'apparizion d'una scintilla, la quale tosto annunzia la caduta della colonna. E mentre sta l'acqua così sospesa, si sente un leggiero romore, e il lato del tubo più vicino al vaso si trova coperto di piccole molecole

d'acqua. Quì Brisson crede vedere un'imitazion perfetta de' fenomeni delle trombe.

994. Vi è anche un'altra specie di trombe, dette *trombe terrestri* perchè si forman sulla superficie della terra, le quali sebbene sian meno frequenti delle marine, producon danni più spaventosi, mentre sradicano alberi, sollevano i tetti delle fabbriche, e roversciano le case con trasportarne spesso i rottami ad una gran distanza.

C A P. III.

Delle meteore lucide.

A R T I C O L O I.

Dell'arcobaleno.

995. *Arcobaleno solare.* L'*arcobaleno solare* o *iride* è una meteora, la quale benchè comune non è meno mirabile nè meno degna di fissar l'attenzione del Fisico (421). Newton nella sua *Ottica* ne ha data una spiegazion soddisfacente, che poi dai più nel trasmet-

(421) *Vide arcum, et benedic eum qui fecit illum.*

Eccel. 43. 12.

Ob eam causam, quia speciem habet admirabilem, dicitur Thaumantias. Cic. de nat. deor. l. 3.

Milla trahit varios adverso sole colores.

Virg. Aen. 4.

Questi colori si veggon chiarissimi quando dietro all'*arcobaleno* vi è una nuvola assai densa e carica: come pure per vederli la distanza dell'osservatore dal piano dell'*arcobaleno* dee esser circa un miglio italiano o 1000 passi geometrici, altezza ordinaria delle nuvole.

tercèla è stata quasi affatto sfigurata, come spesso avviene alla verità, la quale si oscura a ragione che si allontana dal principio donde è venuta, ond'è che per metterla nella sua primitiva purità spesso bisogna risalire all'epoca della vera sua origine.

996. Per aver la vera spiegazione del fenomeno dell'arcobaleno esaminiamo ciò che accade ad un raggio luminoso e omogeneo AB (fig. 152), che cade sopra una goccia d'acqua perfettamente sferica $BHFD$. Una parte di questo raggio entra nella goccia avvicinandosi alla normale BC secondo BD , e giunto in D si decompone in due raggi DE e DF , di cui DE esce allontanandosi dalla normale, e DF vien riflesso facendo un angolo di riflessione $FDC =$ all'angolo d'incidenza CDB : quindi il raggio incontra in F una seconda volta la superficie della goccia, ove ne esce una parte secondo FG e l'altra è riflessa di nuovo verso H , dove ne esce pure una parte secondo HI , e l'altra che vi si riflette è talmente indebolita per tante riflessioni e refrazioni, che non vi si rende altrimenti sensibile. Non valutiamo quì il raggio DE , che esce senza essere stato riflesso, e che non può giungere al nostr'occhio che col guardare dalla parte del sole, il quale tuttavia col suo proprio chiarore ce lo renderebbe invisibile.

997. Suppongasì ora che molti raggi cadano sulla stessa goccia d'acqua col partir dal medesimo punto per es. dal centro del sole, i quali perciò posson riguardarsi come paralleli. Ma cessan d'esser paralleli nell'entrar dentro la goccia, e più che mai ve gli fa divergere ciascuna riflessione; dispersione che viene a scemarne l'intensità de' raggi, ed impedisce d'esser veduti ad una certa distanza. Tuttavia i raggi più vicini escon paralleli, e quelli che non ne son lontani, divergendo poco non soffrono una gran diminuzione per ragion della distanza, e si posson vedere: perciò tutti questi gli chiameremo *raggi efficaci*.

998. Per mezzo d'un calcolo semplicissimo (alla

fine del capitolo) si può determinar l'angolo da farsi dai raggi emergenti con gl'incidenti per essere efficaci: e ne' risultati che ne avremo, supposto che il rapporto de' seni d'incidenza e di riflessione sia $108:81$ come è per i raggi rossi, e $109:81$ come è per i violetti, si troverà che l'angolo cercato è $42^{\circ} 2'$ per i primi e $40^{\circ} 17'$ per gli ultimi, quando gli uni e gli altri escono dopo una sola riflessione; mentrechè dopo due riflessioni questi angoli sono $50^{\circ} 57'$ per i primi e $54^{\circ} 7'$ per i violetti.

999. Dopo tali principj un osservatore (422) col dorso voltato al sole sia in O (fig. 153) in un luogo ove piove, e in *e*, E, *b*, B si veggano alcune goccioline che ricevono i raggi paralleli *de*, DE, *ab*, AB, ognuno di essi composto di sette raggi eterogenei; i quali nell'entrar nella goccia separansi a causa della lor differente rifrangibilità e vi si diportano come si è or ora mostrato (§. 996). Per il punto O condotta la OF parallela ai raggi del sole con far l'angolo $\text{FOE} = 42^{\circ} 2'$, la OE incontrando una gocciola E di pioggia farà con DE l'angolo $\text{OED} = \text{FOE}$: cioè i raggi rossi che colpiscon la goccia secondo DE, esciranno efficaci (§. 998) secondo OE dopo una sola riflessione, e però lo spettatore gli riporterà in E. Che se si fa girar la OE intorno ad OF in modo che

(422) L'osservatore che vede il fenomeno trovasi in linea retta fra il sole e il centro dell'iride, in guisa che l'occhio è precisamente dirimpetto all'angolo acuto formato dalla concorrenza di tutti i raggi coloriti: però ne risulta una piramide visuale, che ha per vertice il centro dell'occhio, per asse la linea centrale, per lati i raggi visuali, e per base un circolo rappresentato nella nuvola opposta; e però questo caso presentasi appena una volta fra 30. Onde è impossibile che una stessa iride possa osservarsi da più persone distanti 2 in 3 miglia fra loro. V. l'Opera classica = *Observations sur l'arc en ciel* ec. par P. Paris 1788. 8.^o

l'angolo FOE sia sempre lo stesso, essa descriverà la superficie d'un cono, cosa che si applica egualmente a tutte le posizioni della linea OE ; dunque se le goccioline son disposte secondo la superficie di questo cono, si vedrà rosso un arco di questo circolo. Per la medesima ragione se si prende l'angolo $FOe = 40^\circ 17'$ e si faccia girare Oe intorno ad OF , la sua estremità descriverà un arco di circolo, che ci comparirà violetto (§. 998). I quali due colori rosso e violetto sono i due ultimi dell'arcobaleno, e però gli altri colori si troveranno fra E ed e secondo l'ordine della loro refrangibilità, cosicchè i colori di questo primo arco saranno rosso, aranciato, giallo, verde, blu, indaco, e violetto.

Tuttociò si applica del pari ai raggi che escono dopo due riflessioni: e però se farsi l'angolo $FOB = 54^\circ 7'$ e $FOb = 50^\circ 57'$, vedransi in B i raggi violetti e in b i raggi rossi, e i colori intermedj saranno fra B e b secondo il lor grado di refrangibilità cioè nell'ordin seguente; violetto, indaco, blu, verde, giallo, arancino, e rosso. Quindi si vede che in questo second'arco l'ordin de' colori è roversciato; oltre a che vi son molto più deboli che nel primo a motivo di una riflessione e di una rifrazione di più da essi soffertavi, motivo per cui assai di rado si vede quest'arco secondo; cioè si vede quando vi si trova dietro una nuvola estremamente densa.

1000. Sebbene non si sia finqui considerato che il solo centro del sole, pure ogni punto di esse lancia de' raggi che ci danno l'effetto medesimo: anzi perchè il suo diametro apparente è di $32'$, per gli altri punti di sua superficie i raggi incidenti e però i raggi efficaci, varian di $16'$ al di sopra e al di sotto della posizione che abbiamo loro assegnata; donde la larghezza d'ogni colore dell'arcobaleno si trova di $32'$. Nella nostra prima ipotesi la larghezza d'ogni arco era la distanza del circolo rosso dal circolo violetto, cioè $1^\circ 45'$ per il primo e $3^\circ 10'$ per il secondo, dove

aggiungendo $32'$ si ha per le due larghezze $2^\circ 17'$ e $3^\circ 42'$. Infatti Newton nel verificarne il risultato con misurar l'arco interno per mezzo di esatti strumenti ha trovato la sua larghezza di $2^\circ 10'$, cioè con la differenza di $7'$ fra l'esperienza e la teoria, per la ragione che essendo debolissimi i colori sugli orli dell'arco non si posson ben valutare. Inoltre ben si vede che i colori dell'iride debbon essere un poco confusi, perchè affinchè fosser separati, bisognerebbe che l'arco avesse almeno una larghezza 7 volte $32'$ ossia $3^\circ 44'$ mentre non ne ha che $2^\circ 17'$, e però questa cosa non accade nel grand'arco che ha $3^\circ 42'$ di larghezza.

1001. Il che ci mostra che l'arcobaleno ha sempre lo stesso valore, e forma una porzion di circolo più o meno grande secondo la parte della superficie conica che si trova al di sopra della terra. Se per es. lo spettatore è all'orizzonte nell'istante del sorgere del sole, l'asse del cono si troverà nel piano stesso, e i due archi avran la forma di un semi-cerchio; a misura che il sole si alza, l'asse si abbassa sotto l'orizzonte, e l'arco scema più che mai; finalmente quando il sole è elevato per $42^\circ 2'$, la superficie del cono formato dai raggi rossi del piccolo arco divien tangente all'orizzonte, e cessa affatto d'esser visibile. Lo stesso è del grand'arco quando il sole è elevato per $54^\circ 7'$.

1002. Con questi principj si spiegano facilmente i seguenti fenomeni. 1.° L'arcobaleno non è mai maggiore di un semi-cerchio per l'osservatore posto sulla superficie della terra, mentre se egli è su un'alta montagna con essere il sole all'orizzonte o un poco sotto, l'asse del cono è molto elevato al di sopra di questo piano, e dell'iride ne vede più d'un semicerchio; e ne vedrebbe anche un cerchio intero se fosse ad una grandissima altezza e piovesse vicino a lui. 2.° L'arcobaleno cangia di situazione al cangiarla lo spettatore, perchè i raggi coloriti fan sempre lo stesso angolo con una linea tirata dall'occhio al centro del

sole, e questa si muove parallelamente a se stessa, e però anche i raggi si muovono nel modo stesso, onde conservan sempre la stessa posizione rapporto allo spettatore: dunque ogni persona vede un arcobaleno differente. 3.° Giacchè l'arcobaleno non comparisce che nei luoghi ove piove, se ne resta interrotta la pioggia, lo sarà ancor l'arcobaleno; e però le sue gambe non arrivano sempre fino a terra. 4.° Talora sebben di rado si vede un terzo arco concentrico agli altri due, ma con colori debolissimi, perchè i raggi che lo formano hanno tre riflessioni e tre rifrazioni. 5.° E perchè i raggi del sole che cadono su un lago spazioso si riflettono verso le nuvole, se si verificano allora le circostanze ora esposte, vi si vede un arcobaleno, dove chiunque abbia ben compreso la dimostrazion precedente, scorge bene che i colori debbon esservi roversciati. 6.° Anche un getto d'acqua che ricade in pioggia fina, o una cascata la cui acqua è assai divisa per motivo dell'altezza da cui cade, presenta spesso il fenomeno dell'arcobaleno a un osservatore che la riguarda con voltar le spalle al sole. Si forma anche talvolta l'arcobaleno sulla rugiada de' prati o sulle onde del mare, purchè l'occhio si trovi nella direzione de' raggi efficaci. 7.° Ci dimostra ciò l'esperienza, se sospesi che si siano a tal' uopo de' globi sottili di vetro pieni d'acqua in guisa, che le linee tirate per mezzo ad essi e un orifizio di una camera oscura, facciano con i raggi solari gli angoli già determinati di sopra, si tenda poi dietro ai globi una tela nera; allora lo spettatore posto all'orifizio della camera vede un arcobaleno di colori vivissimi (423).

(423) Il cel. Arcivescovo di Spalatro Antonio de Dominis, il primo che conobbe l'origine dell'arcobaleno, in un modo consimile lo rappresentava agli amici col sospendere una palla di vetro piena d'acqua in faccia al

1003. Determiniamo ora l'angolo che fanno i raggi efficaci con i raggi incidenti. Sieno AB, ab due raggi paralleli e vicinissimi fra loro, i quali cadano su una gocciola d'acqua perfettamente sferica $BNHF$ (fig. 154).

Poichè essi escon paralleli secondo FG, fg dopo una sola riflessione, bisogna che si rifrangano al medesimo punto D della superficie. Infatti per esser gli archi DF, Df eguali a DB, Db , lo son pure le lor differenze Ff, Bb ; oltre di che è chiaro che gli angoli d'incidenza de' raggi che escon dalla gocciola per esser gli stessi degli angoli di refrazione di quelli che vi entrano, gli angoli di refrazione all'escir dalla gocciola son gli stessi degli angoli d'incidenza all'entrarvi, cosicchè FG, fg fanno con CF, cf gli angoli stessi che AB, ab fanno con CB, Cb ; per il che i raggi emergenti fanno sulla corda Ff gli stessi angoli che i raggi incidenti fanno sulla corda Bb ; e intanto per esser questi due ultimi paralleli, lo sono anche FG, fg ; e però i raggi sono efficaci.

Prolungando AB, FG in P , per determinar l'angolo APG prolungo ab fino all'incontro della circonferenza nel punto O ; e dal centro C abbasso CL, CM, Cm normali a BN, BD, bD ; e prendo $Cn = Cm$, e unisco mn, mM . Dopo ciò per essere CL, CM i seni d'incidenza e di refrazione del raggio AB , e per essere Cl, Cm quelli del raggio ab , si ha $CL : Cl :: CM : Cm (= Cn)$; ossia prendendo la differenza de' due termini di ogni rapporto e rappresen-

sole e col farla scendere e salire finchè i raggi incidenti e emergenti non variassero da 42° a 51° . Nella famosa cascata del Velino a Terni alta 200 pie., dove l'acqua si alza con tal forza che se ne solleva una densa nebbia (o polvere d'acqua) al di sopra del principio della cascata per alcune tese, e nella cascata del fiume di San Lorenzo nel Canada, si vede l'arcobaleno dipinto nell'acqua sparpagliata e spruzzata ec.

tando con $I : R$ il rapporto costante de' seni d'incidenza e di refrazione, si ha $CL : CM :: LI : Mn :: I : R$.

Dal punto B conducansi Bo , Bp rispettivamente normali a bO , bD . Perchè la Mm divide in mezzo BD , bD , è parallela alla base Bb del $\triangle BDb$, e però $Bb = 2Mm$; come pure è $Bp = 2Mn$ per i $\triangle\triangle$ simili Bbp , Mm, n ; e inoltre sono uguali gli angoli bBp , CBM perchè hanno lo stesso complemento pBC : dunque son simili i $\triangle\triangle$ rettangoli bBp , CBM , e si ha $BC : Bb :: BM : Bp$. Anche i $\triangle\triangle$ simili bBo , CBL danno $BC : Bb :: BL : Bo$. Dunque si ha $BL : BM :: Bo : Bp :: LI : 2Mn :: I : 2R :: CL : 2CM$, ossia $BL^2 : BM^2 :: CL^2 : 4CM^2$,

cioè presa la somma degli antecedenti e de' conseguenti, $BL^2 + CL^2 : BM^2 + 4CM^2 (= BM^2 + CM^2 + 3CM^2) :: BL^2 : BM^2$, o $BC^2 : BC^2 + 3CM^2 :: BL^2 : BM^2 (= BL^2 + CL^2 - CM^2)$.

Presa poi la differenza de' due termini di ogni rapporto, e osservando che $CL : CM :: I : R$ si ha $BC^2 : BL^2 :: 3CM^2 : CL^2 - CM^2 :: 3R^2 : I^2 - R^2$.

La qual proporzione, applicabile ai logaritmi, darà il valor di BL , e quello di BM si otterrà con la proporzione $BL : BM :: I : 2R$; e solo basterà sostituire in $I : R$ i numeri convenienti per avere dalle tavole de' seni il valor degli archi BN , BD : cioè comechè l'angolo APG è il supplemento di $2BD - BN$, verrà esso immediatamente determinato.

Perchè poi i raggi che si riflettono due volte nella goceiola escan paralleli, bisogna evidentemente (fig. 155) che divengan paralleli dopo una sola riflessione. Del resto il calcolo è come nel primo caso, menochè per esser quì $Bb = 3Mm$, l'ultimo risultato viene ad essere

$BC^2 : BL^2 :: 8R^2 : I^2 - R^2$, e $BL : BM :: I : 3R$.

E ben si vede esser facile l'estenderlo ad un numero qualunque di riflessioni.

1004. *Arcobaleno lunare*. Si è dato un tal nome ad un arco colorito, che talora si presenta all'osservatore

nell'aver il dorso rivolto alla luna e davanti a se un luogo ove piova (424).

La teoria di questo fenomeno è la stessa di quella dell'arcobaleno solare, se non che ben si vede dover essere il lunare molto più debole del solare a motivo della poca intensità di luce inviataci dalla luna; ond'è che ci comparisce per lo più bianchiccie, e pochi autori ci dicono d'avervi distinto uno o due colori. Di più si vede bene che è più facile il distinguerlo nell'opposizione della luna col sole, perchè allora la luna ci invia un numero maggiore di raggi.

1005. *Arcobaleno marino*: Così chiamasi un arco dipinto con alcuni colori dell'iride, il quale con aver la sua convessità rivolta verso il basso talor si mostra sul mare in varie ore del giorno.

Egli comparisce molto spesso quando il mare è all'estremo agitato, mentre il vento sollevandone tutte l'onde fa sì, che i raggi del sole che cadono sulla lor superficie, vi si rifrangano e vi dipingano gli stessi colori che nelle goccioline ordinarie della pioggia. Bowczes (*Transact. philos.*) osserva che i di lui colori son men vivi, meno distinti e di minor durata di quel che accada nell'arcobaleno ordinario, e che appena vi si distinguono due colori cioè il giallo dalla parte del sole e un verde pallido dalla parte opposta.

1006. *Arcobaleno terrestre*. Quest'arco colorito si vede in un prato o sopra un campo, che si riguardi da un sito un poco elevato qualche tempo dopo il levar del sole o dopo il di lui tramontare: ed è ancor esso un effetto della luce rifratta e riflessa dalle goccioline di rugiada o di pioggia che bagnan l'erba del prato.

(424) Questo fenomeno è raro, e l'arcobaleno lunare veduto nel 5 Settembre 1800 a Gottinga nel terzo giorno del plenilunio è l'undecimo fra gli osservati fino dai tempi di Aristotele.

ARTICOLO II.

Dei Parelj, delle Paraselene e delle Corone.

1007. *Parelj*. Chiamasi *parelio* una meteora, che sotto un aspetto brillante presenta una o due immagini del sole, e che si mostra sempre contemporaneamente a quest'astro. La-Hire osservò due parelj a Parigi nel 1693, e Maraldi ne osservò varj nel 1721, come pure varj ne han visti in Inghilterra Gray e Halley (*Trans. phil.*): Scheiner ne osservò molti a Roma accompagnati da circostanze atte a esercitar la sagacità di Cartesio e di Huygens: Evelio nel 1661 a Danzica vide il sole accompagnato da sei immagini solari con gran sorpresa: e Patrin in Siberia fra i varj da lui veduti ne osservò uno, che gli rappresentò l'aspetto dell'astro del giorno accompagnato da due immagini, ciascuna delle quali era terminata da un cono luminoso la cui base terminava al sole (425).

1008. Ora i parelj compariscon sempre grandi quanto il sole di cui sono l'immagine, sebbene non sia esattamente sferica la lor figura nè mai sì vivo il loro splendore. Ma di più il loro contorno esteriore presenta gli stessi colori dell'iride: e molti parelj vanno a finire in una coda, che splende men vivamente del parelio medesimo.

(425) Celebri sono i due parelj veduti in Aosta nel 6 Dicembre 1799 alle ore 10 di mattina, ambedue di egual grandezza del sole sebbene di minor luce, e dopo un'ora formarono un semicircolo che teneva nel mezzo il vero sole, intorno a cui si formarono dipoi altri 6 semicircoli; i quali finalmente sparirono con lasciare i due parelj primitivi fino dopo le 4 pomeridiane. Nè men celebri sono i tre parelj contemporaneamente veduti da Cassini a Parigi nel 18 Gennajo 1693 verso le 8 ore della mattina (*Acad. des scienc.* T. 10).

Tom. III.

1009. Anzi sono spesso accompagnati da circoli, alcuni de' quali son bianchi mentre gli altri si mostrano sotto i colori dell'iride; circoli che spesso differiscono in numero, e di cui taluni hanno il sole nel proprio centro; circoli che son coloriti, e il cui diametro varia da 43° fino a 90° . Il loro piano è normale ad una linea retta che si suppone condotta dall'occhio dello spettatore al centro del sole, onde la lor posizione differisce a tenore della differente elevazion del sole sull'orizzonte. E quanto più son vivi i colori di questi circoli, tanto più comparisce debole la chiarezza del sole. Oltre di che vi si considerano altri circoli paralleli all'orizzonte, con questa che uno di essi, ordinariamente bianco e di un diametro di 130° secondo Evelio, racchiude tutte le immagini del sole, ed ha per centro le zenit dello spettatore. Finalmente l'ordine de' colori nei detti circoli coloriti è lo stesso dell'iride, menachè il rosso è nella parte interna che riguarda il sole.

1010. Evelio, Huygens, Cassini, Muschembreeck ec. hanno osservato, che all'epoca dell'apparir de' parelj il tempo non è mai sereno, e delle piccole nuvole fluttuanti di distanza in distanza nell'atmosfera per lo più ne alterano la trasparenza. Spesso poi ci si mostrano i parelj nell'inverno quando soffia il vento del nord. La lor durata è di una, due, tre e anche quattro ore; e quando spariscono, per lo più cade della pioggia e anche della neve sotto la forma di agghi.

1011. Muschembreeck ha riunito tutte queste circostanze sotto un sol punto di vista, le quali par che concorrano a provarci, che i parelj son formati dalla riflessione de' raggi solari sopra una nuvola che in un certo modo vi è in opposizione.

1012. *Paraselene*. Così chiamasi una meteora, che offre lo spettacolo di una o più immagini della luna:

1013. Essa ci si presenta sotto la forma d'un anello luminoso, che talor lascia travedere un'immagine apparente della luna e talora due. Plinio fa menzione di tre

lune vedute nel 632 di Roma; Eutropio e Euspiniano di tre similmente vedute a Rimini nel 234 av. G. C.; e quindi molti di tali fenomeni si son mostrati nell'atmosfera, de' quali parla il Coreio nel suo *Trattato dei Parelj*. Cassini parla d'una paraselene osservata in Francia nel 1693, che non aveva circolo; e Fouchy nella notte del 7 Maggio 1735 ne osservò una accompagnata da due circoli luminosi.

1014. La causa da cui hanno origine le paraselene, è la stessa di quella che produce i parelj.

1015. *Corone* (o *aloni*). Si è dato un tal nome ad una meteora formata da uno o più anelli luminosi, da cui gli astri compariscon come cinti e coronati. Altre corone son colorite e altre no; le prime delle quali presentan quasi i colori dell'iride interna, cioè il rosso vi comparisce nel concavo della corona e il violetto vicino al concavo stesso. Più spesso si mostrano intorno al sole e alla luna.

1016. Esse dipendono come l'iride dalla refrazione, che ai raggi solari fan soffrire le molecole aquee sparse nell'atmosfera, con la differenza però che nell'iride vi è riflessione e rifrazione di raggi, e nelle corone non vi è che refrazione: Il che vien confermato da questo; che se si riguarda un lume acceso attraverso al vapore che esala dall'acqua calda di un vaso situato fra il lume e l'occhio, si vede intorno alla fiamma una corona colorita: e si ha lo stesso se si guarda un lume acceso attraverso a una lastra di vetro ben levigata con sopra delle piccole goccioline d'acqua (426).

(426) Fan lo stesso i getti d'acqua che nell'elevarsi si assottigliano e formano all'alto una specie di *polvere* o di *fumo d'acqua*, come ben vede chi si pone dietro ad una delle belle fontane sulla piazza di S. Pietro in Roma: similmente in un bagno chiuso si vede sempre un circolo brillante intorno alle candele che lo illuminano. Di più in un'aria non pregna di vapori voi vedrete l'alone intorno ad una candela accesa se la riguardate dopo aver

C A P. IV.

Delle meteoze ignee.

A R T I C O L O I.

Del lampo, del fulmine e del tuono.

1017. *Lampo*. Si chiama *lampo* un vivo chiarore, che in un tratto apparisce e sparisce, e che per lo più precede il romoreggiare del tuono. Misurando l'intervallo di tempo che passa fra il lampo e il romore del tuono, possiamo *a un dipresso* giudicare della distanza dove il fulmine è scoppiato: al qual effetto dopo avere con un pendolo a secondi conosciuto quest'intervallo si prende altrettante volte 173 tese quanti sono i secondi scorsi fra il lampo e il tuono. Un tal metodo è fondato sul sapersi, che la propagazion del

tenuto per qualche tempo coperti gli occhi con le vostre mani o dopo avergli bagnati di lacrime o d'acqua: ma allora la causa dell'alone è nell'occhio, e non nell'aria che circonda il corpo luminoso; mentre i raggi lucidi non vengon direttamente all'occhio, ma si rompono nel passare per l'umidità abbondante di cui è rivestito l'occhio.

Nelle tre corone che Newton osservò nel 1692, i colori eran disposti dal centro alla circonferenza così: 1.^a il color dell'anello interno era blu al di dentro, bianco nel mezzo, rosso al di fuori; 2.^a vi era il porporino, il blu, il verde, il giallo, il rosso pallido; 3.^a il colore interno era di un blu pallido, e l'esterno di un giallo pallido. Bello fu l'alone veduto nel 26 Aprile 1754 da Montepulciano in Toscana sulle ore 2 pomeridiane (*Acad. des sciences*, 1754). Gli aloni lunari son più frequenti dei solari.

Fluido luminoso è quasi istantanea, mentre il suono non fa che 173 tese in 1". E dissi a un dipresso, perchè oltre all'esporsi al rischio di un errore di più tese per un piccolo errore che si faccia nell'osservazione del tempo, questo metodo suppone che il romore del tuono si propaghi sempre direttamente, nè mai per riflessione, cosa assai falsa.

1018. *Fulmine e tuono*. Il fulmine è una materia infiammata, che in certe circostanze sembra slanciarsi dal seno delle nuvole con un'esplosione più o meno forte, la quale costituisce il tuono. Per lo più si confonde il tuono col fulmine; donde nascono le espressioni = il tuono è caduto, il tuono ha prodotto gran danni = invece di dire più esattamente = il fulmine è caduto, il fulmine ha prodotto gran danni = giacchè ben si vede che il romore il quale solo costituisce il tuono, non saprebbe produrre un effetto fisico, e al più può riempire l'anime deboli e timide di terrore, di spavento e di orrore.

1019. Un tal fenomeno ha sempre esercitato la sagacità de' Fisici, che si sono stancati in congetture sulla di lui causa ed origine fino all'epoca di Franklin, cioè finchè egli dimostrò che esiste una vera analogia fra il fulmine, il tuono, i lampi, ed i fenomeni elettrici; opinione di Franklin adottata con una specie d'entusiasmo da quasi tutti i Fisici. Oggigiorno non ve n'è alcuno che non ripeta con confidenza, che il tuono non è altro che una gran quantità d'elettricismo prodotta dalla natura nel seno dell'atmosfera.

Tuttavia una tale spiegazione è vaga ed insignificante; poichè non potendosi concepire il tuono che per mezzo d'un'esplosione, mi sembra che questa possa risultare da un'improvvisa combinazione di una mescolanza di gas ossigeno e di gas idrogeno, mescolanza infiammata dalla scintilla elettrica nelle regioni dell'atmosfera, che è il teatro del fulmine (V. l'articolo che tratta della pioggia oragana).

Anzi alcuni Fisici han creduto di imitare il fulmine con l'ajuto delle nostre macchine, ed han confuso il rumor formidabile che si fa sentire nei tempi oraganesi con alcuni scoppietti e con alcune leggiere esplosioni che nascono dalla scarica di una boccia elettrica. Ma in oggi per esser noi meglio istruiti sulla causa di questo fenomeno imitiamo il rumore spaventoso del tuono col far passare la scintilla elettrica a traverso ad una serie di pistole di Volta, cariche di una mescolanza ben fatta di gas ossigene e di gas idrogeno (427).

(427) In mezzo alle varie opinioni nello spiegare il fulmine, il tuono e il baleno, compagni quasi indivisibili, possiam ristingerci solo a rassicurare gli spiriti deboli contro il timore inoltrato dei fulmini, dicendo con Seneca (*Quaest. nat. l. 2. c. 59*) *malò fulmina non timere quam nosse* malgrado il *coslo tonantem credidimus Iovem* d'Orazio (*Od. 5 l. 3*). Infatti se si riguarda il rumore e l'eco del tuono, si sa che nasce dalle solite cause (§. 380) o per la differente altezza delle cime, o per le sinuosità dei monti, o per i rigiri e le opposizioni degli angoli, o per le cavità delle rocce, o per le disuguaglianze della superficie non solo della terra, nel ricevere e nel riflettere i suoni in diverse maniere, ma anche della nuvola fulminante, che or più or meno e or quà or là è profonda e densa e sinuosa, ed è or più bassa e or più alta, e in cui i suoni prendon differenti modificazioni. Tuttavia non può negarsi che il timore, da cui taluno resta penetrato allorchè il tuono romoreggia alto sul di lui capo, non nasca da una causa fisica di eccessiva sensibilità nervosa, giacchè siccome il moto comunicato a tutta la massa dell'aria che ci circonda, agisce necessariamente sui nostri organi, così il cambiamento che ne avviene all'atmosfera cagiona in taluno delle rivoluzioni imprevedute sensibilissime ad un corpo di gentile organizzazione. E se si riguarda lo scoppiare de' fulmini, è già noto che per lo più escono dalla parte più debole delle nuvole, che è naturalmente la parte superiore, motivo per cui essi scoppiano generalmente per l'insù, come ce ne fan fede Richard (l. c. T. 8 pag. 252) ed il nostro

1020. Ma ciò che più c'importa sapere si è il conoscere i mezzi più opportuni per garantirci dai terribili effetti del tuono o per meglio dire del fulmine. Tali mezzi son fondati su due principj già noti: cioè 1.° che le pante hanno la proprietà di sottrarre senza esplosione e ad una gran distanza il fluido elettrico accumulato sulla superficie d'un conduttore, che allora si trova completamente scarico, mentrechè presentandogli un corpo di superficie rotonda, benchè situato ad una minor distanza, il fluido elettrico passa con esplosione, e tuttavia il conduttore non è affatto scarico; 2.° la materia elettrica preferisce i buoni conduttori metallici, e quando ella gli ritrova vi scorre continuamente nella direzione che a lei somministrano; cosicchè se essi la conducono nell'acqua o nel terreno umido, questo fluido, sì terribile quando è concentrato, si disperde gentilmente e ricupera l'equilibrio, la cui perdita lo rendeva sì pericoloso. Su tali principj si fonda la costruzione de' *parafulmini*.

1021. Ma per difenderci dal fulmine quando in un oragano ci troviamo in un'abitazione sprovvista di parafulmine, bisogna 1.° allontanarsi dai luoghi che hanno delle sostanze metalliche come un cammino, quadri dorati, graticole e porte di ferro; inferriate; 2.° porsi a sedere verso il mezzo della stanza sul primo mobile cattivo conduttore che viene alle mani, come per es. una seggiola vecchia di legno ben secco. Secondo Franklin è più sicuro il far portar due o tre materasse di piuma in mezzo alla camera, farle piegare a doppio e porvi sopra una seggiola; perchè per non esser questi buoni conduttori come i muri, il ful-

cel. Targioni Tometti nei suoi viaggi di Toscana, testimone oculare esattissimo; con i quali due eh. Fisici e Naturalisti può dirsi, che di 50 fulmini forse ve n'è uno che cada a terra, e di 100 che ne cadano ne resta forse l'uno solo uomo.

mine non preferirà un corso interrotto a traverso all'aria della camera e dei letti, mentre può continuare il suo cammino lungo il muro, che è un miglior conduttore. Che se possiam procurarci un'amaca o letto all'americana sospeso con de' cordoni di seta, a egual distanza dai quattro muri e dal palco e dal mattonato, avremo la situazione la più sicura che mai possa prendersi in qualunque stanza, e che sembra in realtà dover garantirci da ogni pericolo per parte del fulmine. E se siam sorpresi da un oragano in campagna aperta e lungi da ogni casa, il miglior partito si è l'avvicinarsi, se è possibile, ad una certa distanza presso gli alberi i più alti ivi vicini, mai però sotto ad essi, e anche 15 in 18 pie. lungi dai loro rami principali; perchè se il fulmine viene a scoppiare, è verisimile che egli colpirà in preferenza gli alberi, onde ce ne troveremo lontani per una distanza che è sufficiente a garantirci da ogni pericolo.

A R T I C O L O II.

Delle stelle cadenti e de' globi di fuoco.

1022. *Stelle cadenti.* Chiamasi *stella cadente* un piccolo globo, che sponde un chiarore più o meno vivo, e che talora si vede aggirarsi nel seno dell'atmosfera. Si chiama così perchè lo spettacolo che ci presenta questa meteora, è simile a quello che ci offrirebbe l'aspetto d'una stella, che staccandosi dalla volta celeste si precipiterebbe verso la superficie terrestre.

1023. Probabilmente nell'alte regioni dell'atmosfera esistono gran masse di gas idrogeno, la di cui infiammazione determinata dal ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, dà origine alle stelle cadenti, come pure a quelle strisce di luce che più spesso ci si mostrano negli ardori dell'estate.

1024. *Globi di fuoco.* Questo è il nome di una meteora accessasi nell'atmosfera sotto la forma d'un glo-

bo animato da un moto rapidissimo, e per l'ordinario accompagnato da una coda luminosa. Son frequenti tali meteore: e se ne son viste alcune di un diametro eguale a quello della luna piena, e con una coda luminosa lunga 7 in 8 volte il diametro del globo. Scoppiano per lo più nell'atto del lor rapido corso, e fanno sentire delle esplosioni terribili, e gettan delle pietre sulla superficie terrestre.

ARTICOLO III.

Delle Aurore boreali.

1025. L'*aurora boreale* è una meteora luminosa, che per lo più si fa vedere alla parte del nord, e il di cui chiarore, quando è vicina all'orizzonte, rassomiglia a quello dell'aurora.

Aristotele, Plinio, Seneca, ma più circostanziatamente Mairan e Musschembroek ce ne han dato delle nozioni e delle descrizioni, dalle quali risulta, che di rado si veggono nella parte più culta d'Europa che è più lontana dal polo, e che se talvolta una tal luce brilla al mezzodì, ne ha l'origine al nord, e che perciò il polo è come il foco delle aurore boreali.

1026. Questa meteora si mostra più spesso due o tre o quattr'ore al più dopo il tramontar del sole, cioè accade quasi sempre la sera e quasi mai la mattina, dopo mezzanotte quando le notti sono un pò lunghe. Ma le grandi aurore boreali cominciano per l'ordinario poco dopo la fine del crepuscolo e qualche volta prima.

In principio si vede verso nord una specie di nebbia molto oscura con un pò più di chiarore verso l'ovest che nel resto del cielo, cioè più di quel che conviene rapporto all'ora del crepuscolo se è ancora sull'orizzonte. Questa nebbia boreale per l'ordinario si dispone quasi sotto la figura d'un segmento di cir-

colo esteso sull'orizzonte, il quale ne forma la corda. Subito la parte visibile di sua circonferenza si trova vestita all'intorno di un chiaro biancastro, donde risulta un arco luminoso, o più archi concentrici quando il primo ha all'intorno una parte di questa materia oscura dell'interno del segmento, e questa ha a vicenda all'intorno una materia luminosa, e così di seguito fino a due o tre. Quindi vengono i getti ed i raggi lucidi diversamente coloriti, che parton dall'arco o piuttosto dal segmento oscuro e fumoso, dove quasi sempre accade una breccia illuminata, da cui sembra che partano i raggi. Quando la meteora s'ingrandisce e deve spandersi ad una gran distanza, si vede un moto generale ed una specie di turbamento o agitazione in tutta la sua massa sì a motivo delle breccie frequenti, che vi si formano e che si distruggono successivamente nel segmento oscuro e nell'arco, sì a motivo delle vibrazioni di luce e dei lampi, che hanno per foco questa massa infiammata. Dopo quest'incendio e per una grand'estensione della materia boreale si vede allo zenit una specie di corona come un punto di riunione, ove compariscono concorrere tutti i movimenti all'intorno, e che fa come la chiave d'una volta, o al dir di taluni, come la cima di una vela o di una tenda. Allora la meteora si mostra con più magnificenza sì per la varietà degli oggetti che per la bellezza de' colori, i più dei quali vi si trovavan dipinti. Scema poi in grandezza e in chiarore, e finisce con estinguersi, non già però senza riprese che talora rinnovino lo spettacolo de' getti luminosi,

(428) Se talvolta ancor noi vediamo delle aurore boreali ne' nostri passi, ciò proviene dall'innalzarsi che fa assai-simo la loro luce sull'orizzonte del luogo ove son nate, la quale dalle 30 miglia ascende anche alle 200; per il che, come nel 1.^o caso si rende essa poco o punto visibile nelle zone temperate, così nel 2.^o caso è visibile fino nell'Italia.

de' lampi, delle corone e de' colori più o meno vivi, che sembrano raggirarsi nell'atmosfera. Finalmente cessa il movimento, il chiarore si accosta via via all'orizzonte, e abbandona le regioni meridionali, orientali e occidentali del cielo per fissarsi verso il nord. Si dissipa il segmento oscuro col divenir luminoso, cioè in principio se ne forma un chiarore assai denso vicino all'orizzonte e più raro alcuni gradi sopra di esso; indi si perde insensibilmente nel cielo, talora scema rapidamente, talora con lentezza, finchè al fine sparisce affatto se non si unisce al crepuscolo della mattina.

1027. Mairan attribuiva le aurore boreali all'atmosfera solare prolungata verso la terra, e si adottò con entusiasmo quest'opinione; la quale non è ora ammissibile perchè sembra ben dimostrato, che l'atmosfera solare non può estendersi fino all'atmosfera terrestre. Perciò in oggi il più de' Fisici moderni ci ripete in un modo vago e insignificante, che le aurore boreali non son' altro che fenomeni elettrici.

1028. Cerchiamo dunque di spiegare questa meteora in un modo più soddisfacente separandone le cause complicate che la producono: al qual'oggetto richiamo qui alcuni principj già dimostrati in questa nostra Opera.

I.° Se si ecciti la scintilla elettrica in una mescolanza di gas nitrogene e ossigeno, ne risulta dell'acido nitrico, dell'acido nitroso, e del gas nitroso secondo il rapporto del gas nitrogene e ossigeno combinati nella mescolanza. II.° L'acido nitrico esposto al sole prende più colore e volatilità, come osservò il primo Scheele. Infatti esposto da me al sole dell'acido nitrico coperto con un recipiente, qualche tempo dopo lo vidi colorito, e il recipiente vestito di vapori rossi volatili sostenutivisi per lungo tempo, spandendo una luce simile a quella dell'aurore boreali. III.° Nelle boccie in cui si tien l'acido nitroso, si vede sempre al di sopra dell'acido un vaper rosso e volatile che

mai si condensa. IV.° Il gas nitroso in contatto con l'aria atmosferica esala dei vapori rutilanti che se ne volano per l'aria. V.° Il gas idrogeno che si sprigiona dalla superficie del globo, va ad occupare nell'alte regioni dell'atmosfera un posto determinato dalla sua gravità specifica. VI.° Il calor solare ha pochissima attività nelle regioni polari.

1029. Dunque 1.° la produzione del gas idrogeno dev'esser quasi nulla nelle regioni polari; 2.° le alte regioni dell'atmosfera polare non hanno quasi punto gas idrogeno; 3.° ogni qualvolta nell'atmosfera polare è ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, questo non può trovare nel suo passaggio che un misto di gas nitrogeno e ossigeno; 4.° la scintilla elettrica dee fissare e combinare queste sostanze gassose ed aeriformi; 5.° da tal combinazione dee nascere una produzione d'acido nitrico, d'acido nitroso, o di gas nitroso secondo il rapporto dei gas ossigeno e nitrogeno combinati; 6.° la produzione dell'acido nitrico, dell'acido nitroso, o del gas nitroso dee originar de' vapori rossi e volatili, che si elevan nell'atmosfera per formarvi la meteora sì nota sotto il nome di *aurore boreale*.

1030. *Obiezione.* Ma, si dirà, se le aurore boreali hanno origine dalla combinazione del gas azoto ed ossigeno prodotta dal ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, perchè esse non si forman mai nella zona torrida e nelle zone temperate, dove son riuniti nell'atmosfera i tre elementi concorrenti alla produzione dell'acido nitrico e nitroso e del gas nitroso? *Risp.* Perchè nelle zone temperate e più nella torrida il calor solare ha grand'attività e durata, per cui vi dev'essere uno sviluppo considerabile di gas idrogeno, che non potendo esser decomposto dall'aria comune s'eleva nell'alte regioni dell'atmosfera in virtù della sua leggerezza; dunque ogni qualvolta nelle zone torrida e temperate vi è ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, la scintilla elettrica

trova nell'atmosfera un misto di gas azoto ed ossigeno e un misto di gas ossigeno e idrogeno: ora, secondo l'esperienza, la scintilla elettrica fissa e combina a preferenza la seconda mistura con l'accompagnamento d'una detonazione e d'una produzione d'acqua proporzionale alla quantità de' fluidi aeriformi, su cui la scintilla elettrica esercita la sua attività. E questo appunto è ciò che accade nelle zone torrida e temperate. Il ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico fissa il misto di gas ossigeno e idrogeno, che trovansi nell'atmosfera: il tuono, il fulmine, la pioggia son l'effetto istantaneo di tal combinazione; al contrario delle regioni polari, dove quando è ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico, la scintilla elettrica non trova gas idrogeno nelle alte regioni dell'atmosfera, e però dee dirigere tutta la sua attività sul misto di gas azoto ed ossigeno, onde nasce l'acido nitrico e l'acido nitroso o gas nitroso secondo il rapporto che regna fra il gas ossigeno e azoto componenti la mistura: di quì quel bel prospecto di raggi rosseggianti che forman le aurore boreali.

1031. Così ammettendo questa spiegazione dell'aurore boreali e la nostra ipotesi sulla causa del tuono e delle piogge tempestose, si comprende facilmente il perchè i poli sono il soggiorno esclusivo dell'aurore boreali, il perchè non tuona mai nelle regioni polari (z), il perchè le zone torrida e temperate sono il teatro favorito del fulmine, il perchè più comuni e più violenti son gli oragani nella zona torrida che nelle zone temperate. Così si spiegano tutti i fenomeni che accompagnan le aurore boreali.

1032. Infatti 1.° esse sono talvolta accompagnate da piccoli romori e leggiere detonazioni.

(z) Non tuona mai nella Groenlandia nè nella baja di Hudson. Mussechembroek T. 3. pag. 414. A.

Nelle regioni polari la produzione del gas idrogeno è quasi nulla a cagion della poca attività del calor solare, sebbene in estate stando il sole per molto tempo su quell'orizzonte vi produce un calore assai considerabile per potere sprigionare qualche poco di gas idrogeno, che se ne vola nelle alte regioni dell'atmosfera polare; e però ogni qualvolta il ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico ha luogo nell'atmosfera polare, quando i suoi strati superiori contengono questa sostanza aeriforme, la scintilla elettrica dee esercitare sopra di essa una parte di sua attività e produr delle lievi detonazioni.

2.^o Le più delle aurore boreali appariscono muoversi dal nord verso il sud, sebbene talora qualcuna verso l'est o l'ovest.

L'acido nitrico, l'acido nitroso e il gas nitroso che producon l'aurore boreali, hanno la loro sorgente verso il polo; queste sostanze esalano de' vapori rosseggianti, che elevandosi nell'atmosfera debbon diriger il lor moto verso dove han meno resistenza; onde i vapori raggianti debbon tendere verso il sud, dove l'aria sempre meno densa che al nord loro offre un passaggio più libero e facile: può anche accadere che nel tempo in cui formansi i vapori rosseggianti, un vento del nord venendo a soffiare nella region superiore dell'atmosfera dia loro una forte impulsione; che determini il lor moto or verso il sud, or verso l'est, ed or verso l'ovest.

3.^o Talvolta presentansi le aurore boreali sotto la forma di colonne luminose di differenti figure e direzioni, ora piramidali, ora cilindriche, ed or curve in forma d'arco; quando sono spinte con molta attività vanno fino allo zenit dello spettatore; le più rapide lo avanzano fino a giunger talora all'orizzonte meridionale; non vanno sempre direttamente dal centro della nuvola verso lo zenit dello spettatore, ma prendon talora una direzion laterale, specialmente se la nuvola da cui hanno origine è sospesa fra il nord e l'est o l'ovest.

Quando il ristabilimento d'equilibrio del fluido elettrico fissa e combina una gran quantità di gas azoto ed ossigeno, i vapori rosseggianti che risultan da tale combinazione, occupar debbono una grand' estensione nell'atmosfera; onde spinti dal nord al sud debbon talora dividersi, ricever differenti direzioni, e portarsi ora perpendicolarmente, ora parallelamente all'orizzonte, ora al di sopra del parallelismo della terra: e perciò debbon talora le aurore boreali agli occhi dello spettatore presentarsi sotto la forma di colonne, il cui numero, figura e direzione son determinate dalle circostanze; e allora può accadere che queste colonne luminose per qualche tempo restino immobili per rapporto all'orizzonte, come quando un vento del nord spingerà la nuvola luminosa verso una parte qualunque del sud con la medesima forza con cui le esalazioni dell'aria sono spiate verso loro da un vento del sud.

4.° Le aurore boreali non han tutte una luce viva egualmente, le une l'hanno dolce e tranquilla, altre l'hanno sfolgorantissima.

I vapori che si sviluppano dall'acido nitrico esposto al sole, offrono una luce dolce d' un rosso chiaro pendente al giallo; e quelli che veggonsi al di sopra dell'acido nitroso, son d' un rosso cupo; e quelli che esala il gas nitroso in contatto coll'aria atmosferica, son sul principio d' un rosso assai cupo, che poi divien tanto più chiaro quanto più s'estendon questi vapori nell'atmosfera: dunque le colonne o verghe luminose che ci offrono le aurore boreali, avran differenti colori secondo che i vapori rosseggianti saran formati dall'acido nitrico, dall'acido nitroso, o dal gas nitroso.

1033. Fra le ipotesi già inventate per ispiegar questa meteora, quella che oggidì ha più fissato l'opinione de' Fisici è l'attribuirne la causa all'elettricismo, il quale, si dice, si rende da tutti i lati verso i poli quando circostanze favorevoli alla sua espansibilità gli permettono d'elevarsi fino agli strati superiori dell'at-

atmosfera . Prendete una boccia con applicare al suo collo un' animella o un robinet , cavandovi l' aria più che si può ; indi presentate la di lei pancia al conduttore elettrizzato ; voi la vedrete dentro brillare e spandere una luce raggianti simile a quella dell' aurora boreale . Dunque , si ragiona , l' elettricità è la causa dell' aurora boreali . Ragionamento illusorio ! Poichè in quest' esperienza anche se l' aria contenuta nella boccia è tolta al più che si può , l' interno della boccia getta un chiarore simile a quello dell' aurora boreali , mentre se non è fatto bene il vuoto , spande una luce debolissima e quasi nulla , ed inoltre non vi si vede assolutamente alcuno splendore quando si presenti la boccia al conduttore elettrizzato prima di cavarvi l' aria ; dunque il fluido elettrico non spande una fulgida luce che nel vuoto : e però se l' elettricità è la causa delle aurore boreali , bisogna che questa meteora nasca fuori dell' atmosfera . Ma tanto è lungi che sia probabile che l' aurora boreali si formino ad una sì gran distanza , che anzi è verisimilissimo che si formino non molto lontano da noi . Poichè 1.° apparisce questa meteora sotto la forma di una nuvola in nulla differente dalle ordinarie ; 2.° accade talvolta che nel tempo stesso non può osservarsi da due luoghi differenti benchè poco lontani fra loro ; 3.° è talora accompagnata da leggiere detonazioni a noi sensibili , il che non sarebbe se ciò fosse al di là dell' atmosfera ; 4.° e talora sta ferma la nuvola luminosa per qualche tempo alla stessa altezza sopra l' orizzonte , onde partecipa del movimento che anima l' atmosfera : e però le aurore boreali prendon la loro origine nel seno dell' atmosfera . Al che si aggiungano le testimonianze de' Fisici , d' un Musschembroeck che attesta aver le aurore boreali la loro origine nell' atmosfera , e d' un Kraff che in 11 anni avendone osservate 141 dice esser esse accompagnate da tali fenomeni , che ci fan credere formarsi esse nell' atmosfera .

1034. Dunque se è vero che l' aurora boreali abbian

la lor sede nel seno dell'atmosfera, giacchè la materia elettrica non brilla che quando si muove nel vuoto, bisogna dire che l'elettricismo non può esser la causa dell'aurore boreali, e che non influisce sulla loro esistenza se non in quanto essa fissa le sostanze aeriformi, dalla cui combinazione nasce questa meteora.

1035. Ma posto pur che si formino fuori dell'atmosfera, e che perciò si possa attribuirne la causa all'elettricità, come spiegare in quest'ipotesi le circostanze che accompagnano questa meteora? I.^o il fluido elettrico nel vuoto benchè spanda una luce vivissima, non fa detonazione. Qual sarà dunque la causa di quelle leggiere esplosioni che si fan sentire in certe aurore boreali, se esse son prodotte dal fluido elettrico che si muove nel vuoto al di sopra dell'atmosfera? II.^o se le aurore boreali nascesser dal fluido elettrico che si eleva al disopra dell'atmosfera, sarebbero più frequenti e vive nei paesi dove agiscono con maggiore attività le cause proprie a favorire la sua espansibilità e la sua elevazione al disopra dell'atmosfera. Ora nell'atmosfera della zona torrida il fluido elettrico è più abbondante che nell'atmosfera polare, perchè ivi s' eleva sempre una gran quantità di vapori, che portano il fluido elettrico dalla terra secondo le esperienze di Saussur e confermate da Lavoisier: ed inoltre le cause proprie a favorire l'espansibilità del fluido elettrico e la sua elevazione al di sopra dell'atmosfera, hanno più forza e intensità nella zona torrida che nelle glaciali, perchè nella torrida il calore è estremo e però l'aria dilatatissima, calore estremo favorevole all'espansibilità del fluido elettrico, dilatazione che facilita l'elevazione della materia elettrica al disopra dell'atmosfera; onde più frequenti e più vive esser dovrebbero le aurore boreali nella zona torrida che nei paesi polari se nascessero dal fluido elettrico: conseguenza difficile a combinarsi col loro soggiorno esclusivo nei paesi polari. Dunque l'elettricità non è la causa diretta dell'aurore boreali.

Tom. III.

ARTICOLO IV.

Della luce zodiacale.

1036. Si chiama *luce zodiacale* un chiarore debole, che per lo più ha la forma di un cono con la base voltata verso il sole ed il vertice verso lo zodiaco. Questa luce si mostra specialmente verso la fine dell'inverno o nel principio della primavera, e quasi mai nell'autunno; e ora si vede avanti il levare del sole, ora dopo il di lui tramontare. Infine è più visibile per i popoli situati fra i tropici, che per quelli che son situati vicino ai poli.

1037. Il cel. Mairan si è molto occupato di questo fenomeno con essersi poi indotto a riguardar la luce zodiacale come una porzion dell'atmosfera solare prolungata verso la terra: spiegazione già accolta con trasporto dai Fisici, ma che ora sembra andare in rovina contro un'osservazione di La Place (*Exposit. du syst. du monde*) espressa ne' seguenti termini « L'atmosfera non può estendersi all'equatore che fino al punto, in cui la forza centrifuga bilancia esattamente la gravità, perchè è chiaro che al di là di questo limite il fluido dee dissiparsi. Relativamente al sole questo punto è lontano dal suo centro per quanto è il raggio dell'orbe di un pianeta, che farebbe la sua rivoluzione in un tempo eguale a quello della rotazione del sole. Dunque l'atmosfera solare non s'estende fino all'orbe di Mercurio, e però non produce la luce zodiacale, che sembra estendersi anche al di là dell'orbe terrestre. D'altronde quest'atmosfera, il di cui asse ai poli dee essere almeno $\frac{3}{4}$ di quello del suo equatore, è molto lontana dall'aver la forma lenticolare, che secondo l'osservazioni ha la luce zodiacale ».

ARTICOLO V.

Degli aeroliti.

1038. Gli *aeroliti*, o *pietre cadute dal cielo* (o *boli*) (429), contano un' origine che va a perdersi nell' oscurità de' secoli, sebbene per lungo tempo sian solo esistiti avanti agli occhi della natura e di alcuni osservatori resi dal caso testimonj oculari di lor caduta: testimonianza che venne rigettata dalla maggior parte de' Fisici con una specie d' indignazione, i quali infino rilegarono gli aeroliti fra gli esseri immaginarj. Malgrado ciò per essere gli aeroliti esseri della natura al pari degli altri esseri reali, della cui esistenza non può dubitarsi, ne darò adesso un saggio storico, e poi ne esporrò alcune congetture già proposte sulla lor formazione.

1039. Primieramente Tito Livio fa menzione di diverse piogge di pietre cadute nelle vicinanze del monte Albano presso Roma. Plinio riferisce che anche a' suoi tempi si vedeva una pietra di una grossezza straordinaria, che era caduta in Tracia presso il fiume di *Aegos-Potamos* nell' anno 2.^o della 78.^a olimpiade (467 av. G. C.): essa aveva la grandezza di un carro e il colore di un corpo bruciato; e i Greci

(429) Son forse *le capre saltanti* e *i travi accesi* d' Aristotele, e *i draghi volanti* de' secoli barbari. Tutti i boli cadono obliquamente verso la terra, hanno una forma sferica bislunga, son rilucenti, scoppiano con un tuono orribile dopo aver trascorso per aria velocissimamente gran tratto di paese, e le lor masse scoriose penetrano nel terreno. Del bolo veduto a Parigi e a Londra nel 18 Agosto 1785 dice La-Lande, che avea un diametro apparente eguale a quel della Luna, che percorse 1052 tese in 1", che si osservò per 20', e che scoppì in moltissimi globetti, i quali raffreddati avean la sembianza di pietre.

credevano che fosse caduta dal sole, e che Anassagora avesse annunziato molte circostanze di sua caduta; il che dà luogo a Plinio di rifletter giudiziosamente, che la predizione sarebbe stata più miracolosa della caduta stessa della pietra. Nel ginnasio di Abido esisteva una pietra, che avea l'origin medesima dell'antecedente: e un'altra se ne vedeva nella città di Cassandria. Finalmente Plinio asserisce d'averne veduta una egli stesso nel paese dei Voconzi, abitatori della parte meridionale del Delfinato.

1040. Da' tempi di Plinio fino al 1700 la natura non ci ha offerto tali fenomeni, o almeno non sono stati notati, se se n'ecceppa la pietra dal seno dell'atmosfera caduta in Ensisheim in Alsazia nel 1492, la quale pesava 2. 260. La Lande (*Etrennes historiques de Bresse* an 1756) racconta un fatto, che ha risvegliato l'attenzione de' Fisici sull'esistenza degli aeroliti. Nel Settembre del 1753 un'ora incirca dopo mezzodì, essendo il tempo molto caldo e sereno, si sentì un romore simile a due o tre colpi di cannone, il quale fu sentito fino a 6 leghe all'intorno. Più che in qualunque altro fu sentita a Pont-de-Vèle; e a Liponas, villaggio a tre leghe di quì; si intese un sibilo simile a quello di un razzo. E nella stessa sera a Liponas e a Pin, villaggio vicino a Pont-de-Vèle e a tre leghe da Liponas, si trovarono due masse nericie, di una forma quasi sferica ma molto diseguale, le quali eran cadute in terreni lavorati ove si erano affondate per $\frac{1}{2}$ piede; e una di esse pesava circa 2. 20.

La Lande soggiunge che un simil romore si era fatto intendere nella bassa Normandia il 29 Giugno del 1750, e che a Niort vicino a Coutances era caduta una massa della natura stessa delle precedenti. Nel Gabinetto di *de Beost* a Digione si vedeva una di queste pietre del peso di 2. 11 $\frac{1}{2}$.

De Borne (*Lithophylacium* p. 125) nel descrivere una sostanza minerale si esprime così » ferro attra-

bile, in grani brillanti, in una matrice verdastra; se ne trovano de' pezzi che pesano da 2. 1 fino a 2. 20, sparsi nelle vicinanze di Planu presso a Tabor nel circolo di Bechin in Boemia; e son rivestiti di una scorza nera come una *scoria*: i creduli dicono che questi frammenti son caduti dal cielo nel 3 Giugno del 1753 framezzo ai fulmini » .

1041. Nel 1769 tre Naturalisti, abitanti in contrade francesi assai distanti fra loro, cioè Bachelay nel Maine, Gurson di Boyaval nell' Artois, e Morand nel Cotentin, presentarono all' Accademia tre pietre cadute in queste diverse contrade in tre epoche diverse. Ed ecco quanto soggiunge alla narrazione del fatto lo Storico dell' Accademia » L' Accademia è certamente molto aliena dal concludere dietro alla rassomiglianza di queste tre pietre, che esse siano state portate dal fulmine, sebbene la simiglianza de' fatti di tre luoghi tanto lontani, la perfetta conformità fra queste pietre, e i caratteri che le distinguono dalle altre pietre le sian sembrati motivi sufficienti per publicar quest' osservazione e per incitare i Fisici a far delle nuove osservazioni su tal soggetto: forse potranno esse dare de' nuovi lumi sulla natura della materia elettrica e sulla di lei azione sul fulmine » .

Sul qual soggetto osserva benissimo Izarn (*Lithologie atmosphérique*), che il rapporto de' Commissarij Accademici incaricati d' analizzar la pietra di Bachelay era diretto da uno spirito di prevenzione, perchè avean considerata la pietra analizzata come una pietra di fulmine, mentre avrebber dovuto riguardarla come una sostanza ordinaria.

1042. Nel 24 Luglio del 1790 fra le nove e le dieci ore della sera si vide comparire sulle crete di Bordeaux un globo di fuoco grossissimo, veduto da Dax fino ad Agen, il quale era animato da un moto assai rapido, che gli fece percorrere un certo spazio nelle regioni atmosferiche, lasciando nel suo sentiero delle tracce luminose di sua esistenza. Subito dopo si sentì

un'esplosion formidabile, accompagnata da una grandinata di pietre, che caddero in molti punti differenti, e notabilmente sopra Juillac a 4 leghe al S. O. di Mezin. Il processo verbale del Maire della Comune porta, che le pietre in alcuni luoghi cadevano a una distanza fra loro di 10 pie.; che le più pesavano poch'once, ma molte 1 in 2 libbre; che una di circa 2. 25 fu portata a Mont-de-Marsan, e che Carris deputato all'assemblea nazionale ne avea portate a Parigi molte, due delle quali pesavano 25 in 30 libbre. Anche il Curato della Bastide ne inviò una a suo fratello Darcet con osservare che nel cadere esse erano in uno stato di mollezza pastosa, soggiungendo » ve ne son di quelle che hanno attaccato a se stesse come identificate quelle paglie medesime su cui son cadute; ed io ne ho vista una così, che è alla Bastide Quelle che son cadute sulle case non davano nel cadere il suono di una pietra, ma quello di una materia non ancora ben compatta ». La qual circostanza è confermata dal detto processo verbale di Juillac, nel quale di più si assicura che una gran parte ne cadde dolcemente, ed altre con rapidità e con un sibilo; e se ne son trovate alcune poche penetrate nel terreno.

1043. Howard (*Transact. philos.*) ci presenta de' fatti simili a questi; e fa menzione di una dozzina di piccole pietre cadute a Siena in Toscana nel 9 Luglio del 1794 (430), e di una pietra di 2. 56 caduta nella

(430) Simili a queste pietre, per la loro natura, al dire di Kant (l. o. T. 6. pag. 155) sono le due gran masse di ferro nativo in Siberia e nell'America meridionale, di cui questa pesa 2. 3000 (il doppio di quella d'Aquisgrana) e l'altra è venerata da' Tartari qual cosa sacra scesa dal cielo al pari degli ancilj de' Romani: onde Kant la mette nella classe de' boli, come vi mette le stelle cadenti sebben non attratte dalla terra perchè troppo distanti, e le cel. scintille telescopiche osservate da Shroeter nel 28 Giugno del 1795.

Contea di York nel 13 Dicembre del 1795, e di molte pietre cadute a Bonares nell' Indie nel 19 Dicembre del 1798, e finalmente di molti altri fenomeni simili accompagnati da circostanze, che tutte ce ne conferman l' esistenza.

1044. Nell' anno stesso 1798 alcuni luoghi vicino a Lione hanno offerto lo spettacolo di un fenomeno atmosferico simile ai già descritti, narratoci così da Drée (*Journ. de Phys. floréal* an 11) „ nel 22 ventoso an. 6.° (12 Marzo 1798) circa a 6 ore della sera, con un tempo quieto e sereno, un globo luminoso e straordinario tirò a se verso l' oriente gli occhi degli abitanti della Comune di Sales e dei villaggi circonvicini nel ritornarsene dai loro lavori: il quale col suo rapido avvicinarsi e colla sua romba spaventosa simile a quella d' un corpo irregolare e vuoto che attraverserebbe rapidamente l' atmosfera, gettò tutti nel più grande avvilimento, quando specialmente lo videro passare al di sopra della lor testa e poco elevato, con lasciarsi dietro un lungo strascico di luce e col gettar in mezzo ad uno scoppietto quasi continuo, dei piccoli fiocchi di fuoco simili, a dir loro, a delle piccole stelle..... La sua caduta fu veduta da tre persone alla distanza di circa 50 passi, le quali si accordano in dire che questo corpo veniva con una velocità sorprendente, e che dopo la sua caduta (avvenuta in una vigna presso la casa di Pietro Crepier, a cui la paura come ai tre testimonj impedì d' andare a riconoscere ciò che era caduto) ne sentirono una specie di strepito partendo dal posto ove s' era sotterratato. La mattina dopo egli, Chardon e Lapous e Blandel, Aggiunto della Comune di Sales, con molte altre persone si portarono al posto ove avevan veduto il globo penetrar nel terreno; e là nel fondo di uno scavo molto grande di 13 poll. di profondità, cioè di tutta la grossezza della terra vegetabile, trovarono una grossa massa nera di forma ovoidale irregolare e simile ad una testa di vitello, massa che era intera-

mente ricoperta d'una crosta nera, non più calda e d'un odore di polvere da tirare, e screpolata in più luoghi. Trasportata che fu in casa di Grepier si esaminò diligentemente la natura di un oggetto sì inaspettato. Fu pesata e poi spezzata, e il peso fu di circa 2. 20 „. Drée ne dà la descrizione: la sua superficie è una crosta nera, vitrificata, opaca, grossa $\frac{1}{4}$ di linea, fa fuoco sotto l'acciarino; l'interno offre una materia terrea, indurita, di un color grigio-cenere, di un tessuto granelloso, con esservi per entro disseminate varie sostanze: cioè 1.° del ferro in grani dal più piccol volume fino a 1 lin. di diametro e anche più, ferro che è un poco malleabile ma più duro e più bianco del ferro lavorato; 2.° una pirite bianca tendente al color del nickel, ora lamellosa e ora granellosa; 3.° alcuni globetti di color grigio ec. E Vauquelin nel far l'analisi di questa pietra ha trovato, che su 100 parti contiene

silice	46
ossido di ferro . .	38
magnesia	15
nickel	2
calce	2

103. Dove l'aumento in peso dipende dall'assorbimento dell'ossigeno fatto dal ferro nativo. Quest'analisi di Vauquelin si avvicina molto a quella di Bournon e di altri, che hanno analizzato simili pietre.

1045. La qual' uniformità di risultati nell'analisi di diverse pietre atmosferiche, combinata con un gran numero di testimonianze raccolte ed esaminate da Izarn (*Lithologic*) non lasciava dubbio veruno sull'esistenza degli aeroliti, quando la natura ce ne ha offerte nuove prove convincenti nella caduta delle pietre meteoriche accadute vicino alla città dell'Aigle in Normandia e in molti altri luoghi della Francia.

1046. *Formazione degli aeroliti.* I Fisici nell'occuparsi del meccanismo della lor formazione han proposto su ciò diverse congetture. Chladni suppone, che negli spazj celesti esistano certe radunate di materia densa, indipendenti dai gran corpi planetarj, le quali messe in moto da qualche forza di proiezione e da qualche attrazione, continuino a muoversi in linea retta, finchè arrivino vicino alla terra o a qualche altro corpo, che per la sua attrazion superiore faccia decidere la lor caduta alla superficie terrestre. Indi dalla loro velocità eccessiva aumentata dall'attrazione della terra, e dall'attrito violento provato da esse per parte dell'atmosfera che attraversano, dee venirne molto elettricismo e molto calore, per cui subito divengono incandescenti; e però allora si fondono, e se ne sviluppano più specie di gas, che fanno gonfiar la massa fino ad un volume considerabile, e finiescon talora col farla volare in lampi. Questa spiegazione oltre all'essere ingegnosa sarebbe plausibile, se non supponesse delle circostanze affatto contraria a quelle che in realtà accompagnano il fenomeno: poichè Chladni suppone che l'attrito faccia nascer l'incandescenza e però la lucentezza, che in tal caso dovrebbe aver luogo verso la fine della caduta della meteora, quando l'osservazione ci mostra che la meteora è luminosa fin dal principio di sua caduta, e cessa di esserlo quando è giunta nelle medie regioni atmosferiche, e allora vi è detonazione. Una tal considerazione è importante, e basta per allontanar ogn' ipotesi che tenda a porre fuori della nostra atmosfera l'origine degli aeroliti.

1047. Altri Fisici pensano che gli aeroliti sono una concrezione di molecole molto divise di zolfo, di ferro, di nickel, di silice ec., disciolte nell'atmosfera e poi abbandonate dal lor dissolvente alla loro attrazione reciproca, a cui obbediscono per formare delle masse solide che si precipitano. Ma in quest'i-

potesi come spiegare lo sviluppo di luce e soprattutto la detonazione violenta, che mai sembra poter risultare da un semplice gioco d'attrazione di coesione?

1048. Patrin dalle sue numerose ricerche sulla struttura del globo terrestre è stato indotto a pensare, che esista una circolazione abituale di varj fluidi gassosi, che dalla terra passano all'atmosfera e dall'atmosfera alla terra. Queste masse di gas eterogenei lanciate nell'atmosfera e giunte ad una certa elevazione, le percorrono con rapidità e in una direzione quasi orizzontale. Nelle regioni che attraversano l'elettricità è abbondante, e però s'elettrizzano gagliardamente nel loro corso al pari delle nuvole; e trovando a ogni passo un'infinità di molecole non elettrizzate, in tutta la lor superficie si fa una moltitudine di piccole detonazioni che accendono successivamente le molecole combustibili, una parte delle quali resta indietro, e forma la traccia luminosa di queste meteore. A misura che hanno luogo le successive detonazioni, s'opera la combinazione delle molecole gassose; ma nell'istante medesimo in cui questi nuovi composti potrebbero passare allo stato solido, per la perdita del lor calorico son'essi ridotti allo stato di vapori ritenuti dalla porzion di calorico che ricevono dalle detonazioni vicine; e intanto presto si dissipa questo calorico, la massa si restringe, e abbandona la direzione orizzontale per prendere la parabola che descrive nella sua caduta. E siccome questa massa è fortemente elettrizzata, così vi è detonazione quando s'avvicina alla superficie terrestre o a qualche nuvola non elettrizzata; detonazione che non è più successiva e parziale come ne' primi momenti dell'esistenza della meteora, ma è improvvisa in tutta la massa a motivo del ravvicinamento delle sue molecole. Nel tempo stesso s'opera e la combinazione delle sostanze che ancora sono allo stato di gas, e la condensazione delle parti che sono allo stato

di semplici vapori, mentre il tutto si riunisce per l'effetto delle attrazioni scambievoli, e cade sotto la forma di masse solide.

1049. Izarn (*Litholog. atmospher.* pag. 360) pensa, che gli aeroliti non esistano nell'atmosfera che nei suoi elementi cioè nello stato di gas. Quando per delle circostanze favorevoli le masse gassose si trovano trasportate da un mezzo che le isolava, in un mezzo suscettibile di combinarsi con esse, dee aver luogo lo sviluppo di luce se comincia la combinazione. E a misura che essa s'effettua, cangiano le gravità specifiche, e comincia la traslocazione, che dee farsi dalla parte che oppone minor resistenza, e però piuttosto verso il mezzodì che verso il nord. È impresso che è una volta il moto, la massa attraversa altri mezzi che posson somministrar nuovi principj, i quali aumentando la gravità determinano la curva: e quando finalmente i principj che sono in gioco e che si riuniscono da tutte le parti, son giunti a quella proporzione che dee fare sparire gli elementi per far nascere il composto, l'operazion primaria è annunziata dalla detonazione, e il prodotto prende il suo posto fra i solidi.

1050. Proust (*Journ. de Phys.* ventôse an 13, o Marzo 1805) profittando de' lumi datigli dall'analisi di un aerolita pensa, che queste sorte di pietre si compongono d'elementi che l'atmosfera non può nè creare nè conservare in dissoluzione: il che gli fa congetturare che esse originariamente appartengano a quell'immensa porzion della terra che circonda i poli. E presume che dopo essere state strappate da una causa violenta alla primitiva loro inerzia percorrano i piani dell'atmosfera, involuppate nel vortice di una meteora ignota che partecipa del loro moto, che le sostiene contro il lor peso, e che mai le abbandona senza aver loro impresso quella degradazione che porta l'impronta d'un'esplosione elettrica.

1051. Finalmente La Grange sembra portato a ri-

guardar gli aeroliti come pietre scagliate lungi dai vulcani situati vicino ai poli, e che son divenute aeroliti nel girare intorno alla terra e nello scoppiare nel momento di lor caduta (431).

1052. Fortunatamente queste differenti spiegazioni non sono, com'è chiaro, che congetture, le quali han bisogno d'esser corroborate da nuove osservazioni ed esperienze, e da un esame severo di tutte le circostanze che accompagnar possono siffatti fenomeni; onde sta al tempo il confermarle o il distruggerle.

(431) V. T. I pag. 181 e 220, e l'Opera bellissima di Chladni sull'origine delle masse di ferro trovate da Pallas (Riga, 1794, 4°).

Fine del terzo e ultimo Tomo.

NOTA A" (pag. 11.)

La più saggia risposta, dice Alembert (*Enciclop. art. lumiere*) alla questione sulla natura e sulla propagazione della luce sarebbe forse il dire = Nulla ne sappiamo = sull'esempio dello stesso Newton, il quale disse *De natura radiorum lucis . . . nihil omnino disputo*.

Malgrado ciò da Alembert in quà i progressi della Fisica sull'elettricismo e sul calorico hanno fatto nascer due altre opinioni sulla natura della luce, or difese or contrastate dai Fisici moderni. L'una è di Virey (*Diction. d'hist. nat., artio. nature*), il quale riguarda il sole come una massa enorme di fuoco elettrico, che ha un eguale splendore, e che (egli dice) è forse il solo capace d'operare i portentosi effetti dell'*attrazione e repulsione*; opinione nuda di buoni appoggi e fautori. L'altra, ideata da S'Gravesande e sulle tracce di Brisson sostenuta dal nostro A. (T. II. §. 302) si è, che la luce sia una sostanza identica col calorico, sebbene ambedue queste sostanze son diversamente modificate. E qui per verità non può negarsi che tale ipotesi non abbia fissato l'attenzione de' più celebri Fisici de' nostri giorni, anche dopo le recentissime esperienze di Herschell; con le quali il grand'Uomo prova, che 1.° dei raggi solari esciti dal prisma non tutti hanno la facoltà di produrre il calore al grado stesso nell'atto di combinarsi con le molecole de' corpi, e che 2.° il calore risulta da raggi invisibili dotati di una tal facoltà, e meno refrangibili di quegli altri raggi che esclusivamente sono i soli produttori della luce. Ma intanto riflette Prony (*Archit. Hydr. T. I. pag. 551 in fine*), che si può produrre per carattere distintivo fra il calorico e la luce il non potersi mai sostituire il calorico alla luce nella vegetazione delle piante, le quali a qualsivoglia temperatura cessan di crescere e periscono al bujo; dal che nasce l'uso che esse hanno di dirigersi da se medesime verso la luce nel loro crescere, e di prender naturalmente la verticalità nel crescere all'aria libera. E di più dee riflettersi esser diverse assai le proprietà della luce e del calorico. Poichè 1.° la luce ci fa vedere gli oggetti, ci presenta i colori, e propagasi in linea retta con una rapidità sorprendente e quasi inconcepibile; e il calorico

nulla affatto di tutto questo. Inoltre le foglie de' vegetabili dentro all'acqua esposte al lume danno aria vitale o gas ossigeno, ed esposte nel modo stesso al calore dei nostri camminetti danno acido carbonico: dunque il calorico non è luce e la luce non è calorico. Di più; se la luce fosse calorico, si sarebbe accesa più presto l'esca colla lente di Robertson, di 6 poll. di diametro, ai raggi del sole, elevato che egli si fu nel suo pallon volante ad una grand' altezza: dunque la luce è un vero combustibile che si combina coll'ossigeno dell'aria, e così mette in libertà il calorico come tanti altri combustibili.

Perciò concluderò con Klaproth „ Sarebbe cosa più conforme alla Fisica lo spiegar con una sola causa, se fosse possibile, i fenomeni della luce e del calorico; ma non siamo avanzati abbastanza per riescirvi senza difficoltà e in una maniera soddisfacente „. E per riescirvi (rifletterò con Fischer) bisogna aspettare, che la Chimica ci dia qualche nozion più precisa sulla natura della luce, giacchè questa fuor di dubbio ha delle notabili proprietà chimiche.

Nota B'' (pag. 15.)

Aveva già Huygens (*Cosmeth.* l. 2) sparso delle idee sulla forza della luce, e sul paragone d'una luce e l'altra. Ma era riserbato all'esatto Bouguer lo sviluppo di un tema sì delicato, presentatoci nella sua opera classica *sulla gradazion della luce*; e al profondo Lambert il darvi l'ultima mano nella sua *Photometria* 1760 8.º Bensì ad onta de' diversi Fotometri somministratici da ambedue, unitamente a quelli più comodi aggiunti poco fa da Leslie e da Rumford, non può negarsi che l'intensità della luce dipenda assaissimo dalle proprietà naturali de' diversi corpi luminosi e illuminati, proprietà non suscettibili di calcolo o di valor matematico: come pure è e sarà sempre molto ristretta una tal teoria per la ragione, che negli esperimenti, malgrado la più sagace attenzione, non può il nostr'occhio avvedersi delle tenui differenze nelle intensità stesse della luce. Intanto ben si vede che non è in nostra mano il conoscerne l'intensità assoluta, ma solo la relativa; cioè si paragona con una luce data, per es. del sole, benchè non si conosca l'intensità assoluta del sole: vale a dire non si può che determinare il rapporto che passa fra una luce, indebolita sì col tra-

smetterla a traverso ad un mezzo qualunque di una certa grossezza che col farla riflettere sopra corpi sì o nò levigati, e fra la luce primitiva che giunge a noi immediatamente.

1.^o Vogliasi sapere qual rapporto passa fra la luce d'una fiaccola e quella d'una candela.

Posti accanto e normalmente su un tavolino due cartoni forati in quadro o in tondo a egual dimensione, col coprirne i fori con del foglio sottile e trasparente a guisa di diaframma, dopo aver procurato che siano illuminati sotto il medesimo angolo, l'uno dalla fiaccola e l'altro dalla candela, impedendovi la comunicazione della luce d'ambidue, e allontanando ogni altro lume, ponete il vostr'occhio dietro ai due cartoni a egual distanza da loro in modo da poter distinguere i due trasparenti in una medesima occhiata, e allontanate la fiaccola finchè non vi compariscano egualmente illuminati i due trasparenti: allora misurate la lor distanza particolare dal vostr'occhio, e sia per es. 12 P. la distanza della fiaccola e 3 P. quella della candela. Direte che la luce della prima sta a quella della seconda (§. 633) :: 144 : 9, ovvero :: 16 : 1, cioè 16 volte più intensa è la prima luce della seconda.

II.^o Vogliasi sapere qual perdita di luce accade nel riflettere essa in un dato specchio piano.

Se nello specchio P (fig. LXXVI) si riflette il raggio A P del cartone A in modo che l'occhio O lo veggia in D con un'immagine meno viva, posto un cartone eguale B parallelo al primo per esser così ambedue illuminati sotto il medesimo angolo, nella linea A B de' loro centri pongasi un lume C, tirandolo verso A, finchè, fissato in C, benchè non veduto dall'occhio O, vi presenti il cartone B illuminato al pari dell'immagine D, cosicchè sia per es. A C : B C :: 4 : 5. Se ne concluderà, che la luce in A sta alla luce in B :: 25 : 16; e perchè A e B compariscono illuminati egualmente, ne segue che sotto l'angolo d'incidenza A P N la riflessione ha assorbito $\frac{1}{5}$ della luce caduta sullo specchio P.

Oppure ponete lo specchio B (fig. LXXVII) e il lume P in modo, che per mezzo di diaframmi nè resti illuminato lo specchio, nè resti impedito l'occhio A; cosicchè i raggi concorrano in ambedue i cartoni D e C, cioè in C direttamente, e in D per luce riflessa dallo specchio B; il quale perciò trasmetterà una luce meno chiara in D: onde allontanerete C finchè venga la di lui chia-

rezza ad eguagliare quella di D. Allora misurando le due distanze BC e BD, che siano per es. 20 e 6, la luce diretta in C e la riflessa in D saranno : : 400 : 36, o : : 100 : 9, cioè quest'eccesso di luce indicherà il danno sofferto da essa nel riflettere da B in D.

In realtà Bouguer trovò, che in uno specchio amalgamato, grosso una linea, la luce a motivo della riflessione

vi scema nel rapporto di $\frac{1}{2809} : \frac{1}{1764}$ o quasi 1000 : 628

sotto un angolo di 15° , perchè D era a $42^{\text{pol.}}$ da P o da B, e C era a $53^{\text{pol.}}$; mentre per il lume riflesso da uno specchio metallico ben levigato, stando fermo C a $53^{\text{pol.}}$, si dovè metter D a $40^{\text{pol.}}$; onde è più debole il detto lume nella ragione di 1000 : 561. Dando poi un angolo di 3° si ebbe nel primo caso la ragione di 1000 : 700, e una ragion minore nel secondo caso (Bouguer loc. cit. pag. 27).

TAVOLA

Delle quantità di luce riflessa.

DALL' ACQUA



DAL VETRO

Sul supposto che sieno 1000 i raggi diretti

Angoli d' incidenza	Numero de' raggi riflessi	Angoli d' incidenza	Numero de' raggi riflessi
$\frac{1}{2}^{\circ}$	721	$2\frac{1}{2}^{\circ}$	584
1	692	5	543
$1\frac{1}{2}$	669	$7\frac{1}{2}$	474
2	639	10	412
$2\frac{1}{2}$	614	$12\frac{1}{2}$	356
5	501	15	299
$7\frac{1}{2}$	409	20	222
10	333	25	157
$12\frac{1}{2}$	271	30	112
15	211	40	57
$17\frac{1}{2}$	178	50	34
20	145	60	27
25	97	70	25
30	65	80	25
40	34	90	25
50	22		
60	19		
70	18		
80	18		
90	18		

III.^o Vogliasi sapere quanto perde la luce nel trapassare per mezzo a de' corpi diafani.

1. Fissati due lumi che diano in due cartoni egual luce, se il raggio di uno di essi si fa attraversare per 16 lastre di vetro da finestra, vide Bouguer che in questo tragitto la luce diminuì di 240 volte, perchè dovè allontanar l'altro lume per $15\frac{1}{2}$ volte, onde $(15\frac{1}{2})^2 = 240$.

Tom. III.

22

2. Ma poi dopo aver veduto che il lume lunare eguagliava il lume di una candela da lui distante 27P., fatto passare per i 16 vetri, per avere il lume della candela eguale al lume lunare, dovè allontanar la candela

per 430P. Dunque $\frac{430^2}{27^2} = 254$, cioè il lume lunare vi si indebolì per 254 volte. Pertanto preso il medio fra il 240 e il 254, la forza o intensità della luce si indebolì nei detti 16 vetri per 247 volte.

3. La macchia lunare di *Grimaldi* che è la più oscura di tutte, è più oscura del *mar degli umori* per 5 in 6 volte.

4. Fatta passare la luce del giorno per 6 piani di vetro da specchi o lenti, della grossezza in tutto di $11\frac{1}{2}$ linee, la diminuzione della luce fu nel rapporto di 100 : 27.

5. La diminuzione che essa soffre nel passar per l'acqua marina in una profondità di 10P., sta :: 5 : $3\frac{1}{2}$.

6. Il lume solare del centro e dei lembi sta :: 48 : 35.

7. Bouguer (pag. 39) misurò in Croisic le intensità della luce solare nei solstizj d' Inverno e d'Estate, cioè all' altezze meridiane apparenti di $19^{\circ} 16'$ e di $66^{\circ} 11'$, e trovò esser esse nel rapporto di 1681 : 2500, cioè la luce nel 1.º caso è $\frac{4}{5}$ dell'altra; dove, nella supposizione che tutta la massa aerea sia ad una densità uniforme o simile a quella che gode alla superficie della Terra, il raggio solare nella prima altezza meridiana avrebbe percorso 11744^t, nell'atmosfera, e nella seconda ne avrebbe percorse 4275, onde questo indebolimento di $\frac{1}{3}$ è dovuto alle 7469^t = 11744 - 4275.

8. La Luna e il Sole hanno nel lor tramontare una luce 2000 volte minore che sul meridiano. Intanto dall'aver trovato La Hire, che niun calore producono i raggi lunari riuniti in uno specchio ustorio (*Mém. des scienc.* 1705), concluse Mitchell (*Trans. phil.* 1763) che la Luna riflette $\frac{1}{3}$ della luce solare ricevuta. E il P. Gregorio Fontana (Soc. Ital. T. 1) rileva con una formula ingegnosa, che le varie illuminazioni del sole su un piano orizzontale nelle varie altezze del centro solare sull'orizzonte, fatta 1 l'illuminazione allo zenit, è come segue

90°	1	55'	0, 016
80	0, 98481	50	0, 01454
70	0, 92969	45	0, 01309
60	0, 86603	40	0, 01164
50	0, 76604	35	0, 01018
45	0, 70711	30	0, 00878
40	0, 64279	25	0, 00727
30	0, 50000	20	0, 00582
20	0, 34202	16	0, 00463
10	0, 17365		
5	0, 08715		
1	0, 01745		

dove si ferma a 16', perchè si sa dall' Astronomia che il lembo inferiore del disco solare non giunge a toccar l'orizzonte se non quando il centro del sole è a 16' d'altezza.

La qual tavola ci fa conoscere il rapporto dell'intensità della luce solare o della chiarezza del giorno nelle diverse ore della giornata, e anche dall'una all'altra stagione dell'anno. Per es. perchè l'altezza meridiana del centro solare nel solstizio d'estate in Firenze è circa 69° 41' e nel solstizio di inverno è circa 22° 45' si deduce, che la 1.^a chiarezza è assai maggiore della 2.^a.

9. Essendo ambedue a 31° d'altezza, e la Luna essendo piena, la luce solare è più forte della lunare 30000 volte, se la Luna è nel suo plenilunio alla sua media distanza da noi, mentre se è perigèa o apogèa il rapporto delle due luci è di 4:3. Anche Smith (*Syst. compl. d'Opt.*) propende ad adottare questo 30000 di Bouguer, sebbene trovi da se il rapporto di 9000:1. Eulero poi trovò quello di 374000:1, che Lambert corregge con 277000:1. E circa 6 lustri fa il nostro chiaris. Fossumbroni col ripetere le esperienze stesse di Bouguer trovò il rapporto di 259970:1. Quindi 1.^o Lambert assicura, che l'illuminazione prodotta dal sole sta a quella che produce la stella più vicina :: 5000000000:1, cioè (soggiunge) 5 milioni di stelle fisse del 1.^o ordine illuminerebber la terra alquanto meno di quel che faccia la Luna. Quindi 2.^o non è maraviglia che essendo la luce lunare nel plenilunio 30000 volte minore della solare, raccolta che venga ne' celebri specchj ustorj di Tschirnhausen e Vilette, che condensan la luce per 1800 volte, non dia alcuna sensazione di calore.

10. Essendo noi lontani dal Sole 400 volte più che dalla Luna i di lui raggi vengono a noi indeboliti per 400 volte; eppure son sì forti e gagliardi.

11. Posto che la grossezza de' mezzi diafani cresca egualmente, la perdita soffertavi dalla luce è in progression geometrica; ossia che se nell'entrar nel primo strato vi perde $\frac{1}{4}$, nel secondo vi perderà $\frac{1}{8}$, e nel terzo $\frac{1}{16}$ ec., cioè questi decrementi vengon rappresentati da una *Logaritmica* più o meno convergente verso il suo asse secondo che più o meno diafano è il corpo; per es. dato che la luce nel passar per un vetro di finestra scemi di $\frac{7}{8}$ o si riduca a $\frac{1}{8}$; se si volesse sapere a che si ridurrà dopo averla fatta passare per otto vetri, si avrà la progressione geometrica $\frac{1}{8}, (\frac{1}{8})^2, \dots, (\frac{1}{8})^8 = \frac{1}{16777216}$ quasi.

Infatti sia AO (fig. LXXVIII) la profondità di un mezzo trasparente che dal lato di A e parallelamente ad AO riceva un raggio di luce ax ; dividasi AO in parti eguali AB, BC ec., e l'intensità della luce in A sia rappresentata da Aa , in B da Bb ec.; le perdite di luce che a ogni tal distanza eguale accaderanno, saran rappresentate dalle differenze di queste ordinate Aa, Bb ec. e saranno in proporzione geometrica decrescente come le ordinate stesse, poichè se la grossezza AB cagiona una perdita di luce di $\frac{1}{16}$ della totale, la grossezza BC ne cagionerà $\frac{1}{16}$ del residuo, onde la grossezza BC indebolirà così la luce residua di $\frac{1}{256}$: e parimente le perdite successive saran proporzionali alle quantità di luce residua; cioè am, bn, cp ec. saran proporzionali alle ordinate Aa, Bb, Cc ec., proprietà della *Logaritmica*. Dunque la linea che misura l'indebolimento della luce solare, è una *logaritmica*, le cui ordinate appunto misurano l'intensità decrescente della luce secondo che essa attraversa un mezzo trasparente più denso.

Dunque 1.° per essere l'*asintoto* della *logaritmica* il suo asse, la luce non sarà mai ridotta a zero qualunque sia la profondità del mezzo che attraversa: 2.° conosciuta qual parte di un raggio di luce è intercetta da un mezzo trasparente di data altezza, per es. 1 piede d'acqua marina, si troverà col calcolo qual parte ne sarà assorbita da 10, 100 ec. piedi, mentre nella *logaritmica* le ascisse sono come i *logaritmi* delle ordinate: 3.° con un raziocinio inverso, dato l'indebolimento cagionato da una data grossezza, si troverà qual grossezza è necessaria per produrre un richiesto indebolimento; Bouguer trovò che a 600 piedi di profondità la luce del sole è ridotta a tenebre quasi assolute: 4.° questa *logaritmica* è differente per ogni mezzo trasparente, perchè se, per es. per l'acqua del mare, la parte am di cui la luce è indebolita nell'attra-

versar lo spazio AB supposto infinitesimo, è $\frac{AB}{100}$, e se in un altro mezzo come l'aria questo indebolimento è di $\frac{1}{1000}$, è obvio che ne risulteranno curve differenti per la misura della degradazione rispettiva della luce: 5.° le trasparenze rispettive di differenti mezzi potranno misurarsi dalle sottangenti di queste logaritmiche; così Bouguer trovò che la sottangente della logaritmica che rappresenta la trasparenza dell'aria pura, è 4000 volte maggiore di quella conveniente all'acqua marina, onde può dirsi esser l'aria pura 4000 volte più trasparente dell'acqua di mare: 6.° poichè la logaritmica rappresenta colle sue ascisse e ordinate corrispondenti i logaritmi e i numeri corrispondenti, si potranno colle sole tavole logaritmiche calcolare tutti i problemi di tal natura.

12. Secondo Eulero il maggiore e minore splendor di Venere sta nel rapporto di 3000:4200, o di 5:7. Ed essendo l'intensità della luce, a diverse distanze dallo stesso luminoso, in ragion inversa duplicata delle medesime, prese le distanze medie de' pianeti dal sole (n. 95) 4, 7, 10 ec. e presa per unità di confronto l'intensità di luce che godiamo quaggiù, le intensità della luce solare nei pianeti saranno come segue

Mercurio . . .	6, 2500	Asteroidi . .	0, 1250
Venere . . .	2, 0000	Giove . . .	0, 0370
Terra . . .	1, 0000	Saturno . . .	0, 0111
Marte . . .	0, 4440	Urano . . .	0, 0027

13. Secondo Mayer (Tobia) (*Com. Gott. T. 4*) la luce ordinaria del giorno eguaglia quella di 25 candele di sego a 1 piede di distanza dall'oggetto.

14. Finalmente secondo Lambert una lente ordinaria indebolisce la luce di $\frac{1}{4}$ o di $\frac{1}{5}$: uno specchio di vetro sotto un angolo di 60° le fa perdere $\frac{1}{5}$ ec.

E Buffon per avere una luce 16 volte più forte di quella della Luna, per mezzo di specchi fece cadere in un luogo bujo 32 immagini di Luna piena riunite sullo stesso oggetto, mentre l'esperienza dà che la luce perde circa la metà di sua energia nel riflettersi su una superficie pulita e levigata.

IV.° Vogliasi sapere l'intensità di luce trasmessa da uno o più lumi, in diverse circostanze ec. ec. Seguiamo in ciò sull'altrui esempio le tracce del sunnominato Sig. Fossombroni (*Dell'intensità del lume. Arezzo 1781*), che

alle pubbliche vedute ministeriali unisce le più belle vedute matematiche.

1. Considerando un punto fisso C (fig. LXXIX) sopra un piano MN illuminato dal punto lucido B mobile in modo da mantener sempre la stessa distanza da C, l'intensità del lume in C è in ragion del seno MB dell'angolo BCM d'obliquità de' raggi; cioè fatta 1 l'intensità della luce in C prodottavi dai raggi diretti, l'intensità della luce in C prodottavi dai raggi obliqui è espressa da

$\frac{BM}{BC} = \frac{m}{n}$. Quindi perchè la luce si propaga in ragion reciproca duplicata della distanza BC dal punto lucido B,

l'espression completa dell'intensità della luce in C sarà

$$\frac{BM}{BC} \cdot \frac{1}{BC^2} = \frac{BM}{BC^3} = \frac{m}{n^3}.$$

2. Lungo BM = x trovar l'altezza a cui dee porsi un lume che dia la massima chiarezza al punto C' del piano sottoposto, *inclinato comunque* a BM. *Risp.* Fatto C'M = a e MD = b, se p e q sono il seno e il coseno d'*inclinazione* o obliquità, dopo aver tirata sul piano la normale AB = px, per essere anche AM = qx, si ha (Marie §. 476 Ediz. 6.^a) C'A² = C'M² + AM² + 2AM.MD = a² + q²x² + 2bqx; e però C'B = √(C'A² + AB²) = √(a² + q²x² + 2bqx + p²x²) = √(a² + 2bqx + x²) per essere p² + q² = R² = 1 (Marie §. 610). Dunque l'intensità della luce

in C' è (1) $\frac{AB}{C'B^3} = \frac{px}{\sqrt{(a^2 + x^2 + 2bqx)}^3}$: la qual quantità

differenziata per avere il massimo dà $x^2 + \frac{bqx}{2} - \frac{a^2}{2} = 0$,

ossia $x = -\frac{bq \pm \sqrt{(8a^2 + b^2q^2)}}{4}$. Se BM è normale al pia-

no, cioè se q = 0, si ha $x = \frac{a}{\sqrt{2}}$.

3. Per dar la massima illuminazione al punto C con lumi alti e posti in curva, questa curva dovrebbe esser l'iperbola.

4. Dati due punti lucidi che spandano una luce nella ragione di m:n, trovare nella linea che gli unisce il punto ove minimo è il lume riunito di ambedue. *Risp.* Se CN = a

e MN = a, la somma riunita di ambedue sarà $\frac{m}{(a-x)^2}$

→ $\frac{n}{x^3}$, quantità che per il metodo de' minimi diventa

$$\frac{m}{(a-x)^3} - \frac{n}{x^3} = 0 \text{ cioè } \frac{n}{m} = \frac{x^3}{(a-x)^3}, \text{ onde } x = \frac{a \sqrt[3]{\frac{m}{n}}}{1 + \sqrt[3]{\frac{n}{m}}}.$$

Dunque se $m=n$ cioè di egual chiarezza sono i due lumi, si ha $x = \frac{a}{2}$: e se $a=8$ e $m=1$ e $n=8m$, è $x = 5\frac{1}{3}$.

5. Non solo il circolo resta illuminato egualmente in ogni suo punto della periferia per mezzo di un lume posto nel di lui centro, ma altresì ne resta egualmente illuminata (scoperta del Sig. Fossombroni) la celebre curva Bernoulliana (*Carlo Fagnani* Produzioni Matemat. Pesaro 1750. 4.º T. 2) o la *Lemniscata*, raffigurata dalla cifra araba 8 (fig. LXXX) (V. Montucla *Hist. des Mathem.* T. 3 pag. 341).

6. Se due lampioni eguali A e B (fig. LXXXI) producono in C il chiarore l , per avervi un chiarore 2, 3 ec. volte maggiore o nella ragione di $m:n$, a qual distanza porremo A e B? *Risp.* Fatto $CA=d$ e $CB=x$, sarà $m:n::l:\frac{nl}{m}$ nuovo grado di luce voluta, alla distanza d , e però $\frac{nl}{m}:l::x^3:d^3$, e $x=d\sqrt[3]{\frac{n}{m}}$.

Nota C'' (pag. 24.)

Dopo aver già fissato con i Metafisici moderni, che ad onta del roversciamento degli oggetti nel fondo della nostra retina questi si veggono diritti e nel loro stato naturale non per altra causa che per l'uso del tatto (l'A. ne pensa diversamente §. 649), si dee inoltre considerare che gli oggetti non luminosi di sua natura non per altro motivo si veggono da noi chiaramente se non perchè viene da tutti i corpi riflessa un'infinità di raggi solari da essi rimandati indietro verso di noi. E perchè appunto, quand'anche è impedito il vivo brillare del sole, ci vengono i suoi raggi trasmessi dalla terra, dall'aria, dalle nuvole ec., perciò appena ci accorgiamo che sia alterato

il libero tragitto de' suoi raggi. Hook e Smith ci assicurano che il nostr'occhio non può vedere un corpo o la distanza di due stelle fra loro, se i raggi che partono dalle due stelle o dall'estremità del diametro del corpo, fanno nell'occhio un angolo minore di $30''$ in $40''$ (nel qual caso due stelle ci appariranno una stella); cioè quando la distanza dell'oggetto dall'occhio supera 6000 volte il diametro del corpo. Le esperienze di Mayer (Tobia) ci insegnano, che il termine della visione distinta è in ragion suttriplicata della distanza dell'oggetto dal lume che lo illumina; cioè $s = \sqrt[3]{a}$, essendo a la distanza, e s l'angolo in secondi o termine della visione. Onde siccome anche la chiarezza c della luce è in ragion

inversa duplicata della distanza a , ossia è $a = \frac{1}{\sqrt[2]{c}}$ (§. 653), così il termine della visione sarà in ragion inversa della radice sesta della chiarezza, cioè $s = \frac{1}{\sqrt[6]{c}}$. E

per la pratica, il termine di visione per gli oggetti isolati è $30''$, ovvero un occhio sano non ravvisa più un oggetto distante per circa 6700 volte il di lui diametro; e per i non isolati è $60'' = 1'$, ossia il doppio del primo: dove si suppone che sia 1 la chiarezza media del giorno, presa per costante dietro all'esperimento che (N. B.) essa eguagli la chiarezza di 25 candele alla distanza di un piede. Quindi è che si hanno queste due formule generali esprimenti il termine della visione, $1.^a s = \frac{30''}{\sqrt[6]{c}}$

per gli oggetti isolati, $2.^a s = \frac{2 \cdot 30''}{\sqrt[6]{c}}$ per gli altri; le

quali ci danno il termine di visione in tutti i casi di particolare chiarezza data, col fare $c = 1, = \frac{1}{4}, = \frac{1}{9}$ ec., che dà $s = 30'', = 38'', = 43''$ ec. E in fine i limiti della visione perfetta si posson determinare dai 5 pol. ai 27, o meglio da $\frac{1}{2}$ piede a 6 in 7 piedi: ove si intende per perfetta visione secondo Jurin (Smith, *Optiq.* T. 1. pag. 237 ec., che dee consultarsi da chi brama su ciò uno sviluppo maggiore) quella in cui i raggi di ogni pennello lucido che vengono da ogni punto dell'oggetto, son riuniti in un sol punto fisico e sensibile della retina: ladove la visione è distinta se i detti raggi occupano nella retina uno spazio un po' più largo ed esteso; cioè come

la prima dipende dalla distanza dell'oggetto, così la seconda in circostanze eguali dipende dalla distanza e dalla grandezza insieme dell'oggetto.

Si noti qui una volta per sempre, che la nostra pupilla si allarga 9 volte più nella notte di quel che lo faccia nel giorno, ossia nella notte il suo diametro è 3 volte maggiore.

Nota D'' (pag. 30.)

Problemi raccolti per esercizio de' principianti.

I. (fig. LXXXII). Data la grandezza apparente o l'angolo ottico Rcr ($= 40^\circ 18'$) dell'oggetto Rr , e la sua distanza $Cc = 80$ pie., trovare la sua vera grandezza Rr .

Risp. Il triangolo rettangolo cCR dà $CR = C \cotang 20^\circ 9' = 29,354$; onde $2CR = Rr = 58,7$ pie.

Che se $Rcr = 2''$, e $Cc = 6^l$, si ha $Rr = \frac{1}{17182}$ di linea, cioè sotto un angolo di $2''$ un oggetto sebben vicinissimo è indiscernibile a occhio nudo.

II. Far comparire eguali due oggetti dati Rr e Ss , data che sia la distanza cb di Ss .

Risp. Sarà $Ss : Rr :: cb : cC$; onde se $Rr = 40$, e $Ss = 10$, e $cb = 20$, sarà $cC = 80$, cioè si porrà Rr lontano dall'occhio c per 80 pie.

III. Vedere se una nave d è sotto il tiro del cannone posto sulla spianata della fortezza.

Risp. Giacchè si sa che il massimo tiro orizzontale è circa 500 passi, e il massimo tiro a volo o a 45° d'elevazione è circa 6000 passi, così se sul terreno si prenda la $Cb = 500$, e la $Cc = 6000$, si conosceranno gli angoli CRb e CRc , e però finchè la nave d sarà nella linea $bc = 5500$ considerata in mare, o finchè l'angolo CRd sarà fra i gradi di CRb e di CRc , ella sarà sotto il tiro.

IV. Si vuole che un oggetto AB ci comparisca il doppio più grande di quando si vede in D .

Risp. Fatto passare un circolo per A, B, D , (fig. LXXXIII) e trovato il centro C , basta per l'occhio qui, perchè la Geometria o' insegna che l'angolo al centro è doppio dell'angolo alla periferia coi loro lati sulla medesima corda.

V. Data la distanza bc (fig. anteced.) dell'occhio c e l'oggetto $Rb = 10$ pie., e l'angolo $Rbc = 120^\circ 40'$, trovare quanto deve esser grande l'oggetto bS verticale affinchè comparisca eguale ad Rb .

Tom. III,

22 bis

Risp. Il ΔRbc in cui si hanno i due lati Rb, bc e l'angolo contenuto, ci dà l'angolo $bcs = 4^\circ 40' 50''$; e però nell'altro Δ rettangolo Sbc si avrà il lato Sb cercato = 8 pie.

VI. Sitnati in una stessa retta i tre oggetti AB, CD, EF di diverse lunghezze (a, b, c), con averne già le loro distanze BC e BE (m, n), trovare il punto O dove l'occhio possa vederli d'egual grandezza (V. Belgrado, *De Analys. usu in re phys.* T. 1. Probl. XV) (fig. LXXXIV).

Risp. Tirando subito dal punto supposto O la normale OV sulla linea degli oggetti FG , sarà trovato questo punto determinate che sieno le due lunghezze OV e VA . A tal effetto (lasciando la soluzione trigonometrica per via delle tangenti, che è più lunga) sia $AO = x, BO = y, CO = z$. Poichè tutti i Δ hanno con lo stesso vertice O la stessa altezza, sarà $AOB : COD :: a : b$; e quindi poichè per condizione del problema debbon essere equiangoli in O i $\Delta AOB, COD, EOF$, sarà (Marie, *Lex. elem. di Matem.* Firenze 1813. §. 526) $AOB : COD ::$

$ay : z. OD$; onde $a : b :: xy : z. OD$, e $OD = \frac{bxy}{az}$. Per

l'istesse ragioni nei ΔBOD e AOC si ha $a + m :$

$b + m :: az : y. OD$, e $OD = \frac{(b+m)xz}{(a+m)y}$. Perciò dai

due valori di OD viene $z = \frac{by^2(a+m)}{a(b+m)}$, e $z = OC = y \times$

$\sqrt{\frac{b(a+m)}{a(b+m)}}$, onde $OD = x \times \sqrt{\frac{b(b+m)}{a(a+m)}}$. E qui a

b ed m sostituendo c ed n si avrà per analogia $OE = y \times$

$\sqrt{\frac{c(c+n)}{a(c+n)}}$, e $OF = x \times \sqrt{\frac{c(c+n)}{a(a+n)}}$. Ora (Marie l. c.

§. 476) per la normale OV il ΔAOB dà $AV (= \varphi) = \frac{y^2 - x^2 - a^2}{2a}$, e però $BV = \frac{y^2 - x^2 + a^2}{2a}$; come pure il Δ

COB dà $BV = \frac{z^2 - y^2 - m^2}{2m}$; dunque $\frac{y^2 - x^2 + a^2}{2a} =$

$$\frac{z^2 - y^2}{2m} - \frac{m}{2} = \frac{by^2(a+m)}{a(b+m)} - y^2 - \frac{m}{2} = \frac{y^2(b-a)}{2a(b+m)} - \frac{m}{2},$$

ciò viene $x^2 = \left[y^2 + a(b+m) \right] \left(\frac{a+m}{b+m} \right)$. Parimente

$$\text{anche il } \triangle EOB \text{ dà } BV = \frac{EO^2 - y^2 - n^2}{2n} = \frac{cy^2(a+n)}{a(c+n)} - y^2$$

$$- \frac{n}{2} = \frac{y^2(c-a)}{2a(c+n)} - \frac{n}{2} : \text{ dunque è anche } \frac{y^2 - x^2 + a^2}{2a} =$$

$$\frac{y^2(c-a)}{2a(c+n)} - \frac{n}{2}, \text{ cioè viene anche } x^2 = \left[y^2 + a(c+n) \right] \left(\frac{a+n}{c+n} \right).$$

Vale a dire i due valori di x^2 danno quello di $y^2 = \frac{a(b+m)(c+n)(n-m)}{(a+m)(c+n) - (a+n)(b+m)}$, e quindi sostituendo se ne ha il valore di

$$x^2 = \frac{a(a+m)(a+n)(c-b+n-m)}{(a+m)(c+n) - (a+n)(b+m)}.$$

Dunque finalmente

$$\phi = \frac{(b+m)(c+n)(n-m) - (a+m)(a+n)(c-b+n-m)}{2(a+m)(c+n) - 2(a+n)(b+m)} - \frac{a}{2}$$

$$\text{e } OV (=w) = \sqrt{(x^2 - \phi^2)} = \sqrt{\left[\frac{a(a+m)(a+n)(c-b+n-m)}{(a+m)(c+n) - (a+n)(b+m)} - \phi^2 \right]}.$$

Da ciò si hanno, volendo, OC, OD, OE, OF, con sostituire nelle loro espressioni trovate di sopra i valori di x e di y . E se i tre oggetti son prossimi tra loro, la soluzione è la stessa, menochè quì è $n=b$ ed $m=0$, onde viene

$$x = a \sqrt{\frac{c(a+b)}{ac-b^2}}, \text{ e } y = b \sqrt{\frac{a(c+b)}{ac-b^2}} \text{ ec. ec.}$$

VII. Trovare quanto debbono esser grandi tre oggetti fra lor distanti, e distribuiti in una stessa linea, affinchè veduti dal punto O appariscano eguali.

Risp. La soluzione dipende direttamente dal Probl. antecedente di cui questo è l'inverso.

VIII. Dati due oggetti AB e BC (a e b) situati in una stessa linea AC prossimi tra loro, trovare come possano comparire eguali all'occhio O (fig. LXXXV). (V. Belgrado l. c. Probl. XIV).

Risp. Supposto O uno de' punti da cui si veggono eguali a e b , e tirata la normale OE = y sulla AC, e fatto

$AE = x$; sarà $EB = a - x$, ed $EC = a + b - x$, ed $AO^2 = x^2 + y^2$, ed $OC^2 = y^2 + (a + b - x)^2$. Ma per essere eguali gli angoli AOB e BOC (Marie l. o. §. 471) si ha $AO^2 : OC^2 :: AB^2 : BC^2$; dunque si ha l'equazione $y^2 = \frac{2a^2 x}{a-b} - a^2 - a^2 \left(\frac{a+b}{a-b} \right)$, cosicchè fatto $x = \frac{a^2}{a-b} = z$ si ottiene $y^2 + z^2 = \frac{a^4}{(a-b)^2} - a^2 \left(\frac{a+b}{a-b} \right) = \frac{a^2 b^2}{(a-b)^2}$, equa-

zione al circolo di raggio $\frac{ab}{a-b}$. Dove se gli oggetti sono eguali, ossia $a = b$, il raggio del circolo è infinito. Vale a dire nel 1.^o caso il luogo cercato è un circolo, nella cui circonferenza posto l'occhio si vedranno eguali gli oggetti; nel 2.^o è una retta indeterminata che passa per O , ed è normale alla linea, ove son situati gli oggetti proposti. È facile l'avvertire che se $a < b$, il raggio negativo indicherà essere il circolo non verso B ma verso A .

Che se i due oggetti son normali all'orizzonte e in parallelismo con l'occhio, e l'occhio stesso al di quà di essi, se sono eguali ne vedrà un solo; altrimenti posto che gli oggetti sieno (fig. LXXXVI) AB e CD (a e b) con la distanza AC (m) fra loro, si troverà in qual punto l'occhio O scorgerà CD col tirare la BD che passa per i punti estremi degli oggetti fino all'incontro in O con l'orizzontale AC prolungata, e col fare per mezzo della DF parallela ad AC i due Δ simili ADF e DOE , i quali danno $BF (= a - b) : DF (= AC - m)$.

$\therefore DC (= b) : CO = \frac{bm}{a-b}$, distanza a cui troverassi l'occhio O per vedere i due oggetti dati.

IX. Trovare l'altezza AD (x) a cui dee porsi la statua colossale ED (d) sopra una colonna, in modo che l'occhio O alla distanza orizzontale AO (a) = 30 dalla colonna, veggia la statua ED della grandezza naturale AB (b) = 5 (fig. LXXXVII).

Risp. Giacchè per condizione del problema debbon essere eguali gli angoli AOB e DOE , perchè comparisca $AB = ED$, per O, D, E fate passare il circolo $EDOH$ il cui centro sia C , e da C tirate le normali $CI = AH$, e $CH = IA$, e i raggi CO e CD , e da O le visuali OB, OD, OE . Così saranno eguali gli angoli ICD e DOE .

per esser misurati dallo stesso arco ID , e però saran simili i $\Delta\Delta$ rettangoli IGD e AOB , onde si avrà $AB(b)$

$$:AO(a)::ID\left(\frac{d}{2}\right):OI=\frac{ad}{2b}. \text{ Dunque } GD^2 (=GO^2)$$

$$=OI^2 + ID^2 = \frac{d^2}{4b^2} (a^2 + b^2). \text{ Dal che si ottiene } GO^2 =$$

$$GH^2 + OH^2, \text{ cioè } \frac{d^2}{4b^2} (a^2 + b^2) = \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{ad}{2b} - a\right)^2;$$

$$\text{e però } \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 = \frac{d^2}{4b^2} (a^2 + b^2) - \left(\frac{ad}{2b} - a\right)^2, \text{ ovvero}$$

$$x (=AD) = -\frac{d}{2} \pm \sqrt{\left[d^2 + 4a^2 \left(\frac{d-b}{b}\right)\right]} = 43 \text{ incir-$$

ca, cioè la statua ED si porrà all'altezza di 43 pie.

Da questa formula generale si posson cavare i valori di a , o di b , o di d , dati che ne sieno gli altri tre.

Nota E" (pag. 71.)

Ancor qui facciamo un'applicazione del calcolo il più semplice alla refrazione della luce quando i mezzi son separati da una superficie sferica, per istradare intanto i giovani studiosi al trattato delle lenti. Per es. si debba sciogliere il problema = Dato che un raggio tendente all'asse di una superficie sferica diafana cada da un mezzo meno denso sulla di lei superficie convessa, trovare il punto di concorso. = Sia (fig. LXXXVIII) AS il dato raggio tendente al punto A dell'asse AB che cada sulla data superficie convessa EBD , e si debba determinare il punto F di concorso. Se C è il centro della superficie convessa EBD , il punto F di concorso, per le cose già dette, dovrà essere fra A e C . Ora tirato da C le normali CI e CH ai raggi FD e AS (refratto e incidente), e dal punto di refrazione D tirata pur la normale DK sull'asse AB , e supposto l'arco BD piccolissimo e però $AB \approx AK$, facendo $CI = m$ seno di refrazione, $CH = n$ seno d'incidenza, $BC = r$, $AB = a = AD$, $FB = s = FD$, onde $FC = x - r$, $AC = a - r$, i $\Delta\Delta$ simili ACH e AKD per esser rettangoli e aver di comune un angolo, danno $AC : CH :: AK (=AD) : KD$, cioè $a - r$

$$:n::a:KD=\frac{an}{a-r}; \text{ quindi per i } \Delta\Delta \text{ simili rettangoli}$$

FIG e **FKD** che hanno l'angolo **F** comune, si ha **FC**
: CI :: FK (= FD) : KD, cioè $x - r : m :: x : KD =$
 $\frac{mx}{x-r}$. Onde $\frac{mx}{x-r} = \frac{an}{a-r}$, e $\left[a(n-m) + mr \right] x = anr$,

ossia $x = \frac{anr}{a(n-m) + mr} = 16 \frac{2}{3}$ se $n=3$, $m=2$, $r=10$,

$a=25$. Se non ci fosse la superficie rifrangente **BD**, il raggio **S** andrebbe in **A** sull'asse **AB**, e però è come se il punto raggiante fosse in **A**, onde **AB** è la distanza del punto raggiante dalla superficie rifrangente. E se il punto raggiante **A** è il sole, cioè se i raggi incidenti son

paralleli per essere $a=\infty$, si ha $x = \frac{nr}{n-m}$. Che se il

punto **A** (fig. LXXXIX) cui tende il raggio **SDA**, è fra il centro **C** e la superficie **EBD**, il rifratto **FD** cadrà fra **A** e **C**; onde sulle prolungate **DA** e **DF** tirate le normali **CH** e **CI**, per esser piccolissimi gli angoli **A** e **F** sarà ancor qui **AD=AK=AB**, e **FD=FK=FB**: e perciò fatto come sopra **CH=n**, **CI=m**, **BC=r**, **AB=a**, **FB=x**, onde qui è **FC=r-x**, e **AC=r-a**, nei due $\Delta\Delta$ rettangoli simili opposti al vertice **KDA** e **ACH** si ha **AC**; **CH :: AD : KD**, ossia $r-a : n :: a : KD =$

$\frac{an}{r-a}$; ed i $\Delta\Delta$ rettangoli simili **CIF** e **FDK**, opposti

pure al vertice, danno **CF : CI :: FD : KD**, o $r-x : m ::$

$x : KD = \frac{mx}{r-x}$; dunque $\frac{mx}{r-x} = \frac{an}{r-a}$, cioè $anr = \left[a(n-m) \right.$

$\left. + mr \right] x$ come sopra. Vale a dire 1.° si ha il foco *reale* se-

condo che x è positivo o negativo: 2.° si ha $+a$, $-a$, $a=\infty$ secondo che i raggi vengono divergenti o convergenti o paralleli: 3.° si ha $+r$, $-r$, $r=\infty$ secondo che la superficie rifrangente è convessa o concava o piana: 4.° può essere $n > m$, $n < m$, $n=m$: 5.° in tutti questi casi si hanno altrettanti diversi teoremi dalla detta formula; per es. se $r=\infty$, è

$FB = \frac{n}{m} a$, cioè **AB** e **FB** son come i seni d'incidenza e di refrazione ec. ec.

Nota F" (pag. 73.)

Diamo in breve la teoria generale delle lenti, e perciò proponghiamoci di determinar la distanza dei fuochi in ogni sorta di lenti. Pertanto sia BDSE (fig. XC) una lente convesso-convessa, che per maggior generalità supporremo aver le due faccie di diversa convessità. Siano C e c i centri delle due convessità, sia F il punto a cui tende il raggio incidente AD dopo la 1.^a refrazione in D, ed f il punto in cui esso concorre con l'asse AF dopo la 2.^a refrazione in S. Dai centri C e c si tirino le normali CI, CH, cM, cN, e similmente da D, S le normali all'asse DK, SG. Giacchè si suppone (E") che il raggio incidente AD sia prossimo all'asse AB, sarà piccolissimo l'angolo A, e però le DK, SG saranno anche normali alle AD, FS; onde sarà AB = AD = AK, FD = FB = KF, SF = EF = GF, ed Sf = Ef = Gf. Facciasi CI = m, CH = n, BC = r, Ec = r', AB = a, BE = s, FB = x, EF = y = x - s, Ef = z; onde sarà AC = a + r, Fc = y + r', FC = x - r, fc = z + r'. Preso ora CD per il seno totale, sarà CH il seno dell'angolo d'incidenza CDH, e CI il seno dell'angolo rifratto CDF: e però (perchè gli angoli d'incidenza e di refrazione fatti da un raggio che dall'aria passa nel vetro son :: 3 : 2 (§. 717), e :: 2 : 3 se dal vetro passa nell'aria) è CH : CI :: 3 : 2, e CI = $\frac{2n}{3}$; e del pari preso cS il seno totale o raggio, sarà cM il seno dell'angolo d'incidenza cSM all'escir dal vetro nell'aria, e cN il seno dell'angolo di refrazione cSN, e però cM : cN :: 2 : 3, e cN = $\frac{3n}{2}$. Ma per esser DK e CH normali ad AH, i $\Delta\Delta$ rettangoli simili ACH e AKD danno AC : CH :: AK : KD, cioè a + r : n :: a : $\frac{an}{a+r}$; e per l'istessa ragione FD (= FB) : KD :: FC : CI, cioè x : $\frac{an}{a+r}$:: x - r : $\frac{2n}{3}$: dunque nasce l'eq. $\frac{2nx}{3} = \frac{an(x-r)}{a+r}$, che dà x = $\frac{3ar}{a-2r}$. Di più per le parallele cM e GS i $\Delta\Delta$ simili

FcM e FGS danno $Fc : cM :: FG : GS$, cioè $y + r' : n :: y : \frac{ny}{y+r'}$, e danno anche $fc : cN :: fG : GS$, cioè $a + r' : \frac{3n}{2} :: z : \frac{ny}{y+r'}$, da cui si ha $y (=x-s) = \frac{3r'z}{2r'-z}$.

Dunque $\frac{3r'z}{2r'-z} + s = \frac{3ar}{a-2r}$, e finalmente $z = \frac{2r' [3ar + s(2r-a)]}{3a(r+r') - 6rr' + s(2r-a)}$.

Ora I.^o se si abbia un globo di vetro ove $r=r'$ e $s=2r$, sarà $z = \frac{ar - 4r}{2a - r}$; e se i raggi son paralleli cioè $a = \infty$,

è $z = \frac{r}{2}$. II.^o se $s=0$, cioè non si valuta la grossezza della lente perohè tenuissima come per lo più lo è rispetto ad a, r, r' , sarà $z = \frac{2arr'}{a(r+r') - 2rr'}$. E qui 1.^o se

inoltre $r=r'$ cioè le due faccie hanno egual convessità,

sarà $z = \frac{ar}{a-r}$, dove se $r > a$ si ha z negativa, cioè il

fuoco è *virtuale* ossia cade dalla parte del punto raggian-

te: 2.^o se di più $r' = \infty$, cioè se la faccia SE della lente

è piana, viene $z = \frac{2ar}{a-2r}$, il qual valore indicherà esser virtuale il fuoco se $2r > a$; che se si faccia non più r' ma $r = \infty$, nel modo stesso si avrà $z = \frac{2ar'}{a-2r'}$: dal che si ve-

de che si ha l'istesso effetto col rivolgere al punto raggian-

giante la faccia piana o la convessa di una lente piano-

convessa: 3.^o se anzi $r = \infty = r'$, cioè se la lente è piana

da ambedue le faccie, sarà $z = \frac{a\infty}{a-\infty} = -a$, cioè il fuoco

sarà virtuale e alla distanza medesima dal vetro che ha

il punto raggian- 4.^o ma se $a = \infty$, cioè se il raggio

cade parallelo, sarà $z = \frac{2rr'}{r+r'}$; dove se $r=r'$, è $z=r$; se

$r' = \infty$, è $z=2r$; se $r = \infty$, è $z=2r'$.

Anzi in questo caso di $a = \infty$ si può sciogliere il seg. Probl. = Data una lente di due raggi r, r' , trovare il raggio comune R da darsi ad essa per riunire i raggi lucidi che partono dal medesimo punto = *Risp.* La di-

stanza del foco della lente data è $(4.^{\circ}) \frac{2rr'}{r+r'}$ e della

lente cercata è $(1.^{\circ}) \frac{aR}{a-R} = R$. Dunque per la condi-

zione del Probl. è $R = \frac{2rr'}{r+r'}$. E se la lente data invece

di aver le due superficie o convesse o concave, fosse un

menisco, sarebbe $R = \frac{2rr'}{r-r'}$, o $R = \frac{2rr'}{r'-r}$: due teoremi

di grand' uso nella Diottrica pratica. Per es. se con due superficie di vetro o concave o convesse di raggi $r = 40^l$ e $r' = 10^l$ si vuol sapere qual lente si formerebbe, sarà

$R = \frac{2 \cdot 40 \cdot 10}{40 + 10} = 16$; cioè essa farebbe quanto una lente

convesso-convessa o concavo-concava di 16^l di raggio, ovvero quanto un menisco di circa 27^l di raggio. La stessa formula dà a conoscere una delle quantità R, r, r' , datene due: così data una superficie di vetro o concava o convessa di raggio r , per averne un'altra simile la quale unita alla data produca l'effetto di una lente di raggiatura R , si cerchi il raggio r' della detta superficie

simile, e sarà $r' = \frac{rR}{2r-R}$.

Che se la lente è concavo-concava, saran negativi

r, r' , e sarà $z = \frac{2arr'}{-a(r+r') - 2rr'}$, cioè il fuoco sarà vir-

tuale e tanto distante dalla lente concava quanto lo era il fuoco vero dalla convessa: sulla qual formula posson farsi le stesse osservazioni quì ora fatte sulla formula delle lenti convesso-convesse. La principale di quest'osser-

vazioni è, che la formula $(1.^{\circ}) z = \frac{ar}{a-r}$ per le convesso-

se, ci dà per le concave $z = \frac{ar}{a+r}$; onde per tutte le

lenti sarà $z = \frac{ar}{a \pm r}$, dove z ed a son la distanza dell'immagine e dell'oggetto luminoso dalla lente, e r è il raggio o lunghezza focale della lente medesima.

E perchè la grandezza apparente di un oggetto veduto attraverso alle lenti si determina dall'angolo sotteso all'occhio dall'immagine dell'oggetto, e perchè la grandezza apparente dell'immagine dipende dalla grandezza reale dell'oggetto e dalla distanza dell'occhio dall'immagine, questa per esser piccola in paragone della sua distanza dall'occhio, sottenderà all'occhio un angolo che sarà in ragion diretta della lunghezza dell'immagine e nell'inversa della distanza dell'occhio da essa: cioè l'angolo (A) sotteso dall'oggetto veduto a occhio nudo sta all'angolo (B) sotteso dall'oggetto stesso veduto per mezzo di

$$\text{una lente doppiamente concava} :: \frac{a}{a+b} : \frac{ar}{\frac{b+a+r}{a+r}},$$

ovvero :: $(a+b)r + ab : (a+b)r$, dove a e b son la distanza dell'oggetto e dell'occhio dalla lente. Vale a dire perchè $(a+b)r + ab > (a+b)r$, gli oggetti veduti per mezzo d'una lente concavo-concava compariscono impiccoliti, se però la lente non sia contigua all'occhio o all'oggetto. Si prova egualmente che un oggetto veduto per mezzo d'una lente convesso-convessa comparisce ingrandito se $a < r$, poichè sarà $(A):(B)::(a+b)r : r - ab : (a+b)r$. Per es. fatto $r = 12$, $a = 4$, $b = 6$, l'oggetto resta ingrandito nel rapporto di 4:5. Si ha lo stesso quando essendo $a > r$ l'occhio è fra la lente e l'immagine: perciò se $a = r$, ossia se l'oggetto è nel foco, $(A):(B)::r : b+r$, cioè quanto più l'occhio si scosterà dalla lente tanto maggiore comparirà l'immagine dell'oggetto. E se l'immagine è fra l'occhio e la lente, è $(A):(B)::ab - r(a+b) : r(a+b)$; e quando a è assai grande, è $(A):(B)::b-r : r$. Quindi un oggetto lontanissimo, come la luna, il sole ec., non apparirà nè ingrandito nè impiccolito, guardandoli per mezzo di una lente convesso-convessa, se $b = 2r$; dovechè compariranno impiccoliti se $b > 2r$, e ingranditi se $b < 2r$. Finalmente la grandezza lineare dell'immagine sarà a quella

$$\text{dell'oggetto} :: \frac{ar}{a+r} : a, \text{ o } :: r : a - r \text{ onde se l'oggetto}$$

sarà in $a \pm 2r$, l'immagine si formerà alla stessa distanza e però eguale all'oggetto.

Saran poi diritti o roversci e l'immagine e l'oggetto rapporto a se stessi secondo che sono dalla stessa parte o dalle parti opposte della lente, e però tutte le immagini reali debbon essere inverse rispetto agli oggetti.

Nota G'' (pag. 76.)

Quel che si vede accadere negli oggetti terrestri situati ad una non piccola distanza, come quando si osserva la cima d'una montagna ec., accade anche negli oggetti celesti; cioè si gli uni che gli altri a motivo della *refrazione terrestre e celeste*, o meglio (in una sola parola) della *refrazione atmosferica*, ci compariscono più elevati di quel che sono in realtà ec. ec. In conseguenza di che il disco del Sole e della Luna all'orizzonte ci comparisce ovale e schiacciato per il verso della sua altezza, giacchè per la refrazione è elevato, ma non egualmente, ogni punto del suo disco, con esser più elevati i punti inferiori dei superiori, comechè più vicini all'orizzonte, dove la refrazione è più forte; cosicchè se lo spettatore sia sull'alto d'un monte o di una torre sul mare, la differenza fra i due assi è talora $\frac{1}{4}$ del diametro apparente del Sole.

Alla refrazione atmosferica parimente si deve lo scintillar delle stelle (§. 203) e l'ondeggiar dei raggi luminosi, mentre l'atmosfera ha sempre un qualche moto a motivo del condensarsi o dilatarsi che fanno a momenti le di lei molecole, motivo per cui vien sempre a cangiarsi la direzione de' raggi luminosi che vi trapassano. E però ci sembran le stelle e i pianeti agitati da una specie di tremolio, oosa che poco o punto si vede dove l'aria è serena; e però una stella in un canocchiale ove è un filo sottilissimo, diretto che esso venga alla stella, vi oscilla in modo che ci apparisce ora da uno ora dall'altro lato del filo; e però trema di continuo l'immagine del Sole ricevuta o sul suolo o sul foglio ec.

E' poi naturale che le refrazioni sian più forti nell'inverno che nell'estate, di notte che di giorno, nella zona torrida che nelle temperate, come pure che al levar del Sole (tempo in cui le refrazioni sono maggiori di quando il Sole si è alquanto alzato sull'orizzonte) un palazzo lontano in pianura ci sembri più torreggiante che sul

mezzodì. A Parigi nel solstizio d'inverno a 18° la refrazione è $2' 54''$, e la media, cioè a 28 pol. del barometro e a 10° del termometro R. e ai 49° d'altezza del polo di Parigi, è $58''$, 2, la quale è maggiore di $\frac{1}{15}$ di quella che si ha al Capo di Buona Speranza. E nell'inverno a Parigi a 10° R. di freddo, cresce di 12' in 13' (La Lande, *Astron.* §. 2230).

Dalle refrazioni ancora nascono l'aurora e il crepuscolo, i quali sussistono dacchè il Sole è al di sotto dell'orizzonte perpendicolarmente per 18° , almeno in Europa, cioè più d'un'ora prima del suo levarsi, o un'ora dopo che è tramontato.

E qui si osservi che dipendendo i crepuscoli, mattutino e vespertino, dal maggiore o minor parallelo descritto dal Sole, ossia da un arco più o meno obliquo all'orizzonte, e dalla refrazione de' raggi solari nell'atmosfera, non solo dovrà il Sole percorrere un maggiore o minor numero di gradi del suo parallelo per arrivare ai 18° d'abbassamento perpendicolare sotto l'orizzonte, ma anche quanto più l'atmosfera sarà alta, tanto più dureranno i due crepuscoli, e viceversa. Onde 1.° la loro durata varierà al variar della situazione astronomica dei paesi, per cui ai 55° di latitudine questa durata è fra 1^{or.} 28' e 1^{or.} 52', e ai 45° è fra 1^{or.} 42' e 2^{or.} 39'; disparità anche maggiore nell'avanzarsi verso i poli, mentre al polo boreale il crepuscolo dura circa 50 giorni: 2.° per esser l'atmosfera nell'estate più alta perchè più rarefatta, nell'estate si hanno maggiori crepuscoli, al contrario dell'inverno in cui l'aria è più bassa perchè più condensata: che anzi per l'istessa ragione può dirsi essere il crepuscolo della sera maggior di quello della mattina. Riccioli infatti in Bologna osservò, che presso gli equinozi questo durava 1^{or.} 47', e l'altro 2^{or.}; e che presso il solstizio estivo questo durava 3^{or.} 40' e l'altro quasi una mezza nottata.

Si è già notato (§. 200) che dall'abbassamento del circolo crepuscolare (circolo parallelo all'orizzonte al di sotto di 18°) hanno i Matematici desunta l'altezza dell'atmosfera, che così trovarono alta fra le 34585 tese, e le 38000.

Ora siccome si dee considerare l'atmosfera come composta di un'infinità di strati di diversa densità, tanto maggiore quanto più son vicini alla terra; così nell'avvicinarsi alla terra un raggio luminoso dee piegarsi verso la Terra a misura che aumenta la densità dell'aria, e però descri-

vere una curva come nella fig. XCI: cosicchè l'osservatore in O sulla Terra, sebbene in realtà vegga l'oggetto R per il raggio RO, tuttavia perchè noi supponghiamo sempre gli oggetti sul prolungamento Or del raggio diritto Ot che è un lato infinitesimo della curva OR, vediamo R in r. Vale a dire il raggio visuale per cui vediamo gli oggetti celesti, è tangente alla curva atmosferica OR, alla quale si può tirar la corda OR; e allora se OH è l'orizzonte, l'angolo formato dal raggio visuale con OH è rOH in apparenza, mentre in realtà è ROH , cioè la refrazione atmosferica è l'angolo $rOR = rOH - ROH$, ossia di tutto l'angolo rOR l'astro ci comparirà più elevato sull'orizzonte.

Dunque bisogna calcolar questi angoli nei casi particolari per fissare il vero sito dell'astro. Per calcolarli sarebbe d'uopo sapere in qual ragione va aumentando la densità dell'aria nell'avvicinarsi alla Terra, cosa che se è impossibile per gli astri all'orizzonte in faccia alle tante e varie cause che possono alterarli in ogni istante, può ottenersi almeno con approssimazione per gli astri all'altezza apparente sull'orizzonte di circa 11° , perchè venendo allora i raggi luminosi meno obliqui, vi attraversano un minor tratto d'atmosfera. Anzi comechè è piccola l'altezza dell'atmosfera presa verticalmente relativamente all'immensa velocità della luce, perciò in tal circostanza scema assai la refrazione, e il calcolo divien più semplice. Infatti allora la deviazione totale del raggio non più dipende dai gradi con cui cresce la densità dell'aria nell'avvicinarsi alla Terra, ma dall'aumento totale della densità stessa, ossia dalla pression dell'atmosfera e dalla temperatura del luogo dell'osservazione, due elementi datoci dal barometro e dal termometro. Nel qual caso facile divien la formula della refrazione (Biot, *Astron. Phys.* l. 1) sulla quale è calcolata la tavola seguente, nell'ipotesi di 11° d'altezza apparente dell'astro e di 0° , 76 (§. 363) del barometro e di 0° del termometro centigrado (§. 286).

TAVOLA

Delle refrazioni atmosferiche.

altezza appa- rente	angolo di refrazione	altezza appa- rente	angolo di refrazione	altezza appa- rente	angolo di refrazione
11°	308, 44''	37°	88, 96''	64°	37, 18''
12	285, 39	38	86, 03	65	35, 88
13	265, 26	39	83, 12	66	34, 61
14	247, 73	40	80, 52	67	33, 34
15	232, 14	41	77, 92	68	32, 11
16	218, 51	42	75, 65	69	30, 84
17	205, 84	43	73, 05	70	29, 71
18	194, 81	44	70, 77	71	28, 57
19	184, 74	45	68, 70	72	27, 40
20	175, 32	46	66, 56	73	26, 30
21	166, 88	47	64, 61	74	25, 16
22	159, 09	48	62, 66	75	24, 03
23	151, 95	49	60, 71	76	22, 92
24	145, 45	50	58, 77	77	21, 85
25	139, 99	51	56, 82	78	20, 78
26	133, 44	52	55, 19	79	19, 71
27	128, 25	53	53, 25	80	18, 67
28	123, 05	54	51, 62	81	17, 63
29	118, 51	55	50, 00	82	16, 56
30	113, 96	56	48, 57	83	15, 58
31	109, 74	57	47, 08	84	14, 61
32	105, 84	58	45, 52	85	13, 54
33	102, 27	59	44, 05	86	12, 56
34	98, 70	60	42, 53	87	11, 56
35	95, 45	61	41, 23	88	10, 58
36	92, 21	62	39, 84	89	9, 61
		63	38, 51	90	8, 60

Nota H'' (pag. 85.)

I.° Per lo più ha vista corta chi ha gli occhi troppo grossi, nei quali è troppo grande la refrazione; e però troppo convergenti vi sono i raggi che in conseguenza si riuniscono prima d'arrivare al fondo della retina, motivo per cui la visione non è distinta (§. 743). Quindi è che bisogna correggere la rotondità dell'occhio e la refrazione con una lente concava, finchè almeno per l'età non venga l'occhio a perderla naturalmente e a prendere la conveniente figura, come accade generalmente in tali vecchi sui quali, perchè in vecchiaja veggono meglio gli oggetti, si suol dire che le viste corte sono le più durevoli.

Ora siccome di due miopi più miope è chi ad una minor distanza vede distinto un oggetto; così a questo convergono occhiali di maggior concavità e di minor raggio che all'altro. Determiniamo questo raggio che più conviene. Se EF (fig. XCII) è la distanza maggiore in cui un occhio miope vede distinto l'oggetto F, la stessa EF sarà anche la lunghezza focale di una lente concava, che essendo avvicinata all'occhio in E sarà atta a far vedere distinti gli oggetti lontani, perchè i raggi che partono da un oggetto lontano, e che perciò cadon paralleli sulla lente, ne escono per andare all'occhio come se fossero venuti direttamente all'occhio nudo da un oggetto in F: quindi è che l'immagine d'un oggetto lontano formata sulla retina dai raggi rotti nella lente, sarà distinta al pari dell'immagine d'un oggetto in F visto per mezzo di raggi non rotti. E se EQ è la distanza minore in cui lo stesso occhio miope vede distintamente un oggetto, a oc-

chio nudo, si avrà $QF : QE :: QE : q = \frac{QE^2}{QF}$ (V. la di-

mostrazione in Smith, *Optique* l. 2. c. 3. §. 239). Onde presa la Qq verso F, q sarà il punto dove vedrassi l'oggetto distintamente a traverso della lente. In conseguenza se non è lo spazio fra i limiti della visione non distinta $EF < QE$, la lente del foco EF farà comparir distinti gli oggetti che sono al di là di F, che è la portata dell'occhio nudo, perchè in tal caso non può esser mai $Qq > QF$. Dunque per la pratica il miope allontani un oggetto dall'occhio finchè lo veggia distinto comodamente, e avrà così la distanza opportuna per la visione

distinta, la qual distanza è appunto il raggio dell'occhiale concavo-concavo. Che se l'occhiale è piano-concavo, quel che si dice del raggio si dica del diametro. E però data la distanza a cui un miope vede distintamente, si ha l'occhiale concavo, anche a concavità disuguale, che gli è necessario.

II.° Così pure a due presbiti di grado diverso non convengono occhiali della stessa convessità. Se Eq ed EQ (fig. XCIII) è la minima distanza in cui un occhio presbita vede e cessa di vedere i piccoli oggetti distintamente, sarà come sopra $QF : QE :: QE : Qq$, e FE sarà il foco della lente convessa, che posta all'occhio farà vedergli un oggetto distintamente in tutti i punti fra Q ed F .

Nota I' (pag. 109.)

L'Autore in questa IV.ª Parte suppone note al giovanetto studente varie cose spettanti al prisma. I prismi debbon esser di vetro purissimo, e per lo più son simmetrici con i tre angoli di 60° , o lunghi da 5 in 6 pollici. Ogni raggio di luce nel passarvi vi vien refratto due volte, cioè nella superficie anteriore AB , e nella posteriore AC , e intanto l'angolo BAC formato da esse dicesi l'angolo *refringente*. Se ne fan l'esperienze in una camera oscura, in cui per un tenue foro regolare D nell'imposta d'una finestra si fa passare un sottil cono DE (fig. XCIV) di raggi solari con farlo cadere sulla faccia AB del prisma, dove la luce si rifrange in E e in F . Raccogliendo questa luce refratta su una parete bianca ed unita VG di faccia a D , si vede in VG l'immagine allungata VR quale la rappresenta la fig. XCV, immagine 5 volte più lunga che larga, i cui diversi colori e per l'ordine e per lo spazio che occupano sono indicati dalla stessa fig. XCV (dei quali il rosso, il giallo e il turchino si chiamano *colori primitivi*): sebbene è sempre vero che il loro confine non resta marcato in un tratto, perchè i colori passano a grado dall'uno all'altro. Anzi vi è questo di singolare che, andando dal violetto al rosso l'estension proporzionale di questi sette intervalli di colori corrisponde appuntino all'estension proporzionale dei sette toni musicali, i quali, fatto 1 il tono principale danno $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{2}$, non già però che da ciò debba dedursi un' analogia fra le sensa-

zioni dei colori e dei toni musicali, giacchè le nostre sensazioni nulla han di simile con gli oggetti che le producono. E si avverta che dee raccogliersi l'immagine alla distanza dal prisma almeno di 12 pie., perchè ad una minor distanza l'immagine nel mezzo vien bianca, come i colori vi vengon più distinti quanto più dilatata vi vien l'immagine con un maggiore determinato allontanamento. Quest'immagine de' colori chiamasi *spettro-solare*. Per comprenderne la formazione basta esaminare la refrazione provata nel prisma da un sol raggio. Però sia BAC (fig. XCVI) l'angolo rifrangente del prisma, e in E dove cade il raggio DE si alzi la normale IH , e però sia EF il raggio refratto; indi in F , dove di nuovo si rifrange il raggio rotto EF nel passar dal vetro nell'aria, si alzi la normale LK , e FG sarà il raggio emergente. Se ora si prolunghino il raggio incidente DE indefinitamente verso N , e l'emergente FG in M fino all'incontro di DN , l'angolo acuto GMN è quello per cui DE è deviato dalla sua prima direzione per la doppia refrazione, il qual angolo ha un rapporto invariabile con l'angolo rifrangente quando questo è piccolo; cosicchè il rapporto di refrazione dall'aria nel vetro comune essendo $n : 1$, si ha $GMN = (n - 1) BAC$, cioè essendo questo rapporto di $3 : 2$, ossia $n = \frac{3}{2}$, si ha $GMN = \frac{BAC}{2}$ (V. Fischer, *Phys. Mec.* pag. 439). Nel vetro del suo prisma Newton trovò per il rapporto di refrazione

del {	raggio violetto	1, 56 : 1
	verde intermedio.	1, 55 : 1
	rosso	1, 54 : 1; dove

si vede che siccome i raggi verdi hanno una refrangibilità intermedia fra i propri raggi estremi, così ad essi soli dee darsi il nome di *raggi di media refrangibilità*; pure allora si dà anche ai raggi gialli, non però relativamente al posto ma al chiarore, il rapporto di refrazione de' quali è secondo Newton di 17 : 11, o di 1, 5454 : 1. Da tutto ciò unitamente a quanto sarà per dire l'A. nel cap. seg. si ricava essere insostenibile l'opinione di alcuno, che vuol la luce composta soltanto di tre colori primitivi.

Nota K" (pag. 163.)

Se un dì la Grecia favoleggiò sul fulmine di Giove, e ne fu vittima l'ardito Salmoneo perchè immemore del *non imitabile fulmen*; se i nostri antichi Etruschi (Numa, Tullo Ostilio, Porsenna) oredarono di *evocare* i fulmini dal cielo (Plin. l. 2. c. 53); e se non invano tentava Augusto d'esserne immune col cingersi la fronte d'alloro, come albero resinoso, e con l'involgersi in una pelle di vitello marino (meglio di castoro); ormai, mercè la scoperta de' *parafulmini* alla metà del secolo passato fatta dal Filosofo Americano di Filadelfia Benjamino Franklin, è certa che possiamo trarli dalle nuvole impunemente, come tasto in Europa fecero presso Parigi Dalihard, e in Torino il sommo elettricista Padre Beccaria, (così Toaldo) e in Pietroburgo Richmann, che però per suo errore restò vittima del suo apparecchio fulminante. E' anzi adesso un'imperdonabil negligenza il non apporre alle fabbriche alte ed insigni il facil riparo de' *pali o conduttori elettrici* per liberarle dal guasto orribile de' fulmini, dacchè specialmente ne abbiám già le prove più belle in Italia, e qui in Firenze alla polveriera della fortezza da Basso per opera del D.^r Ingenouz, e in Siena alla gran Torre, e in Torino alla fortezza *Valentina* per opera del P. Beccaria, e in Milano all' Archivio ed al Duomo per opera del P. Frisio Bernabita, e a S. Lazzero dei Missionarj presso Piacenza, e alla Specola di Padova e a S. Marco di Venezia per opera di Toaldo ec. ec.; e dacchè sappiamo, fin da' tempi dello stesso Franklin, che nell'America Inglese non si vuole abitare che in case armate del parafulmine. Tutto si riduce a fissarne I. i principj, II. la maniera la più opportuna e la men dispendiosa.

Principj. 1.^o Son della stessa natura il fuoco del fulmine e l'elettrico. 2.^o Il fuoco elettrico va dietro ai metalli ed all'acqua, sebbene secondo Clavendish (*Trans. phil.* T. 62) questa abbia minor forza conduttrice del ferro per 400 milioni di volte. 3.^o Nel *carillon* e lungo una catenella scintilla e scoppia il fuoco elettrico perchè trova delle interruzioni, dovèchè passa libero e quieto lungo un filo metallico. 4.^o Per mezzo di ponte si dissipa, e per mezzo di fili metallici ad esse attaccati si trasmette tranquillo dove ci piace. 5.^o Le nuvole riconcena-

trano in se gran quantità di fuoco elettrico, al quale servono di veicolo i vapori sì per ascender dalla terra nell'aria, sì per discender dall'aria sulla terra, cioè quei medesimi vapori che per aria generan le nuvole; cosicchè una nuvola non è che un aggregato di vapori vicini ma non contigui. 6.^o Il fuoco elettrico non è continuo in tutte le parti delle nuvole, ma è sparso quà e là in fiocchi, in fili, in spruzzi o globetti erranti, come lo mostrano i lampi e baleni spezzati, che nascono dal passare che fa il fuoco fulmineo o elettrico da una parte all'altra della nuvola, quasi come in una batteria elettrica si ha la scarica e il lampo con accostare lo scaricatore non mai al di là d' un piede di distanza, che tale può dirsi esser la *sfera d'attività elettrica*. I quali due ultimi principj oi fan comprendere il perchè la pioggia cada a stille ed a gocce, e non sia a fili continuati, e perchè senza la pioggia i fulmini son più rari, ed il maggior pericolo nei temporali è quando cadon le prime gocce, che son le più grosse, e talora scintillanti, e cessa il pericolo de' fulmini quando il tempo si è sfogato con pioggia abbondante.

Maniera (V. Fonda delle Scuole Pio, Della maniera di preservare gli edifizj dai fulmini. Roma 1770 = Toderini Gesuita, Filosofia Frankliniana. Modena 1771 = Toaldo, De' conduttori per preservare gli edifizj da' fulmini. Venezia 1778). Si pianta una spranga appuntata di metallo sull'alto dell'edifizio, e vi si attacca un filo metallico o una catena col condurlo senza interruzione fino a terra, e con seppellirlo sotto terra, o meglio nell'acqua. Così aprendosi una comunicazione fra la nuvola e la terra, i conduttori o pali elettrici col deviare l'elettricità della prima ne prevengono il fulmine che ne scoppierebbe, o l'impediscon del tutto. Ora 1.^o la spranga o palo elettrico sarà rotonda e di rame o di ferro, e avrà 1 pol. di grossezza, e 15 in 18 pie. di lunghezza: 2.^o la di lei punta sarà sottilissima, e per difenderla dalla ruggine si dorerà, se pure sull'esempio di Beyer non se ne faccia la punta di platino; il Turini consiglia tubi di latta. (Osservaz. ec. Venezia 1780. 4.^o pag. 49): 5.^o in una gran fabbrica si mettano più spranghe, cosicchè per ogni 60 in 70 pie. se ne metterà una, essendo a questi termini ristretta l'attività delle spranghe elettriche, purchè intanto per mezzo di fili conduttori comunichin tutte fra loro: 4.^o alla spranga si attacca con un anello un filo di ferro o catena e conduttore elettrico rotondeggiante (*filo di salute*) grosso

fra $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{4}$ di pol. è come una penna d'oca o da scrivere, e composto del ferro il più dolce di Svezia passato per trafilà: 5.° questo filo non deve mai essere interrotto nè toccar l'edifizio, e con questo debbon mettersi in comunicazione tutti i metalli esterni, come grondaie, docce, catene, banderuole, croci ec. esistenti nelle mura o sul tetto, con farlo passare per essi: 6.° per facilitare la comunicazione, questo filo si compone di più pezzi di varia lunghezza uniti fra loro in guisa che il precedente, oltre l'anello o oncinio, vada a ferire il seguente con una punta, come si vede in S. Marco di Venezia: 7.° il filo stesso può scendere al di fuori o al di dentro della fabbrica, come quello di Siena, che per br. 100 scorre dentro la torre, e passa presso il castello dell'orologio e il tirante del martello: 8.° al filo si faccia far capo nell'acqua lungi dai fondamenti della fabbrica; Richmann restò fulminato perchè al filo del suo apparecchio non aveva procurato la comunicazione col terreno (*Trans. phil.* an. 1754. pag. 770): 9.° Beyer usa per conduttore una corda formata di fili di ferro intrecciati e rivestita di uno strato di vernice grassa, con attaccarla poi ad un fusto di ferro, il cui capo inferiore è immerso nell'acqua d'un pozzo ec.: 10.° posson servire di conduttori eccellenti le grondaie e le docce stesse dei tetti ec. sol che si rendan continue, e si armino in cima d'una punta, e si faccian comunicare a basso con l'acqua; il Toaldo si approfittò del filo dell'orologio nell'Università di Padova: 11.° posson pure servir di palo elettrico le croci, le banderuole, le armi metalliche ec., quando vi si attacchi il filo conduttore ec.: 12.° nel porre un conduttore ad una fabbrica si principj dall'acqua in su: 13.° il conduttore della specola di Padova lungo circa 200 pie. costò 200 ducati: 14.° per i vascelli la catena o il filo di salute si faccia di pezzi di rame ben grosso inanellati per i loro capi, con che i due estremi terminino in punta, e il superiore avanzi di due piedi l'albero; onde all'alto del *pappafico* ci vuole una girella con una cordicella per tirar su la catena; benchè forse la gran quantità di materie resinose usate nella costruzione de' vascelli gli salva dai fulmini a cui son sempre assai esposti e per l'artiglieria, e per gli alberi delle vele ec. 15.° per una polveriera il conduttore si pone a un albero isolato affatto da essa, sebben presso ad essa, come si vede nella nostra fortezza da Basso; però è improvida l'usanza di ferrare i tetti e gli usci delle polveriere ec.

Osservazioni. I. Generalmente nei temporali gioverà l'esser vestiti di seta di color blu, o di lana asciutta; lo stare in letto o in mezzo a stanze sfogate parate di seta, e con porte aperte e lungi dalle pareti e cammini accesi e deve non sian metalli; il chiuder le vetrato, le quali esser dovrebbero di lastre grandi di cristallo con telaj di legno senza piombi e bacchette di ferro; e sfuggiremo di ricovrarci in stanze umide o sotto una torre o un campanile o sotto un albero verde, perchè dall'albero il fulmine salta subito sull'uomo, il quale ha in se più dose d'umido d'una pianta, specialmente se è quercia, noce, castagno, pioppo, salcio, ontano ec., piante tutte abbondanti di sugo acquoso a differenza dell'alloro, pino, larice, olivo, ciliegio, ginepro, cipresso ec., che son piante resinose e però immuni dal fulmine: e gioverà il non suonar campane, uso dettato già dal pregiudizio degli spiriti aerei maligni ec. ec. (V. A. §. 1020); il non andar mai contro la nuvola oraganesca, perchè si fa così ostacolo alla corrente dell'aria che viene allora a rompersi (Richard, l. c. pag. 260) in specialità se, per isfuggire incautamente un po' d'acqua, ci diamo contro il corso dell'aria ad una fuga precipitosa.

II. Van-Marum (*Observ. sur la Phys.* T. 58) con l'uso della gran batteria di Teyler di 550 pie. q. di superficie sopra vipere e anguille difficili a perdere l'irritabilità mostrò, che la causa della morte di chi è colpito dal fulmine è la mancanza d'irritabilità prodotta dal torrente elettrico nelle fibre muscolari, per la qual mancanza accaduta nel cuore e nell'arterie, cessa la circolazione del sangue, la quale accade per la contrazione scambievole dell'uno e dell'altre, ripieni che sieno di sangue che alternativamente esce dal cuore e circola per le arterie. Perciò ne accade la morte se il torrente elettrico passa per il cuore o per le arterie, ove distrugge nel suo passaggio la loro irritabilità, per cui in un tratto cessa l'esercizio di tutte le funzioni vitali, e nel caso contrario rende soltanto paralitici i muscoli per cui passa. Tuttavia si crede da taluni che una tal morte (talora apparente) nasca da soffogazione, mentre il fulmine produce un'espansione improvvisa e violenta nell'aria per cui ne vien troncata la respirazione: il che, oltre ai fatti riferiti da Richard (*Hist. des meteor.* T. 8. pag. 216 e 217) rilevasi dal vedersi spezzati tutti i vetri o per esser dalla forte esalazione sulfurea del fulmine tolta l'elasticità all'aria esterna per cui l'interna corre tosto ad equilibrarsi con essa,

o per essere dal gran fuoco del fulmine dilatata all'eccesso l'aria esterna, e con gran forza scacciata contro le vetrate e le persone.

Talvolta ancora tal morte può nascere da uno sfinimento mortale cagionato dalla paura nel vedersi in un tratto circondato di fuoco in mezzo ad un orribil fracasso e ad un forte contraccolpo d'aria violentemente scacciata, e nell'affacciarsi tosto all'immaginazione alterata la presenza imminente d'una morte creduta inevitabile, poichè l'anima così spaventata agisce sul corpo orribilmente, e allora contraggonsi i muscoli, il sangue si porta a un tratto dalle estremità al cuore, donde nasce il pallore della paura, quindi il moto del cuore è precipitoso in un tratto, e poi si rallenta nè sente che urti irregolari, onde col corso del sangue cessa il moto vitale, ultimo grado dello spavento per cui molti periscono per mancanza d'un pronto soccorso. Infatti Willis e Lower nell'aprire i visceri d'un giovine fulminato gli trovaron soltanto i polmoni gonfi, e conolusero esser egli morto per la paura o per la forte commozione elettrica.

III. Portano le osservazioni, che i tuoni son più frequenti nelle medie temperature, e però fra noi tuona più spesso a Roma e in tutta la campagna di là a Napoli che nel resto dell'Italia: e le rugiade stesse della mattina e della sera non vi recano quel fresco salubre d'altrove, perchè composte di esalazioni acri e nocive, come avviene anche in una parte del territorio pisano. Nelle pianure di Lombardia, e specialmente in Milano e sue vicinanze, gli oragani sul finir della Primavera sono per lo più violentissimi e sempre accompagnati da fulmini che cadono, forse perchè la coltivazione, l'ubertà, i canali vi portano nell'aria molte materie grasse nitrose e sulfuree, che poi producono nuvole dense e tenaci atte alla formazione del fulmine.

IV. E' ormai dimostrato da tutte le osservazioni fatte da più d'un secolo in quà, che ogni materia del fulmine venuta dalle nuvole ha le qualità elettriche, cioè attrae, respinge, splende, arde, scioglie i metalli e gli calcina ec. Parimente la nostra atmosfera esaminata in diversi punti della Terra, di giorno, di notte, a tempo sereno e nuvoloso, è stata trovata secondo l'espression frankliniana positivamente elettrica; elettricità atmosferica che presso alla superficie terrestre è debole e insensibile, e che all'altezza di 40 in 50 pie. sul piano è assai-maggiore, e che in regioni aeree più elevate è considerabilissima.

Di più l'aria inferiore non è un conduttore se non rarefacendola almeno per la metà del suo volume; onde neppure il maggior calore del Sole può cangiarla in conduttore: mentre intanto lo è già continuamente l'aria superiore, perchè all' altezza di 3000 in 4000 tese sul piano essa vi è meno densa che quì per la metà, al di là del qual termine sarà essa fortemente elettrizzata. Finalmente si sa che il miglior conduttore dopo il metallo è l'acqua e l'umidità. Tuttavia tuttociò non sembra atto a spiegare il tuono.

Nota L" (pag. 274.)

Si ha la *Rosa de' venti* dividendo l'orizzonte in 32 parti eguali con 16 diametri, i quali indicano le 32 direzioni o rombi de' venti, notati con le loro iniziali come segue

1	N.	Tramontana (<i>Boreas</i>)
2	$n \frac{1}{4} n e$	$\frac{1}{4}$ di Tramontana a Greco
3	$n n e$	Greco Tramontana (<i>Aquilo</i>)
4	$n e \frac{1}{4} n$	$\frac{1}{4}$ di Greco a Tramontana
5	N E	Greco o <i>Grecale</i>
6	$n e \frac{1}{4} e$	$\frac{1}{4}$ di Greco a Levante
7	$e n e$	Greco Levante
8	$e \frac{1}{4} n e$	$\frac{1}{4}$ di Levante a Greco
9	E	Levante (<i>Solanus</i>)
10	$e \frac{1}{4} s e$	$\frac{1}{4}$ di Levante a Scirocco
11	$e s e$	Levante-Scirocco
12	$s e \frac{1}{4} e$	$\frac{1}{4}$ di Scirocco a Levante
13	S E	Scirocco (<i>Eurus</i>)
14	$s e \frac{1}{4} s$	$\frac{1}{4}$ di Scirocco a Mezzodì o Ostro
15	$s s e$	Ostro-Scirocco
16	$s \frac{1}{4} s e$	$\frac{1}{4}$ di Mezzodì a Scirocco
17	S	Mezzodì (<i>Auster, Notus</i>)
18	$s \frac{1}{4} s o$	$\frac{1}{4}$ di Mezzodì a Libeccio
19	$s s o$	Ostro-Libeccio
20	$s o \frac{1}{4} s$	$\frac{1}{4}$ di Libeccio a Mezzodì
21	S O	Libeccio o <i>Garbino</i> (<i>Africus</i>)
22	$s o \frac{1}{4} o$	$\frac{1}{4}$ di Libeccio a Ponente
23	$o s a$	Ponente-Libeccio
24	$o \frac{1}{4} s o$	$\frac{1}{4}$ di Ponente a Libeccio
25	O	Ponente (<i>Zephyrus, Favonius</i>)
26	$o \frac{1}{4} n o$	$\frac{1}{4}$ di Ponente a Maestro
27	$o n a$	Ponente-Maestro
28	$n o \frac{1}{4} o$	$\frac{1}{4}$ di Maestro a Ponente
29	N O	Maestro o <i>Maestrale</i>
30	$n o \frac{1}{4} n$	$\frac{1}{4}$ di Maestro a Ponente
31	$n n o$	Maestro-Tramontana
32	$n \frac{1}{4} n o$	$\frac{1}{4}$ di Tramontana a Maestro.

Quantunque si potesse dividere l'orizzonte in 64, 128, ec. parti, e però si potesse considerare un numero di venti maggior di 32, pure l'esperienza o' insegna che

le correnti d'aria si restringono almeno ad una larghezza di circa 11° .

Intanto I. può dirsi che anche l'Oceano atmosferico che ci circonda ha il suo flusso e riflusso come l'oceano marino, flusso e riflusso aereo che secondo Bernoulli dovrebbe esser maggiore del marino, perchè essendo l'aria circa 800 volte più leggera dell'acqua, dovrebbe quella innalzarsi 1600 pie. se questa si alzi 2 pie. Ma Boscovich e Alembert han dimostrato, che il flusso e riflusso deve esser minore in un fluido più sottile e leggiero, e che l'innalzamento dell'aria in paragon di quello dell'acqua in tempo di flusso sta :: 2 : 5.

II. Sul mare i venti son più regolari, perchè il mare è uno spazio libero ove nulla si oppone alla lor direzione; all'opposto in terra fan loro ostacolo monti, boschi, città ec., che lor fanno cangiar direzione in guisa da produrre de' venti riflessi e contrarj, i quali si fan sentire nelle vicine provincie con una veemenza spesso eguale a quella del vento diretto.

III. Se talora si veggono in una region superiore delle nuvole trasportate in senso contrario al vento che spira in una regione inferiore (cosa che dura per poco tempo), ciò nasce dalla resistenza di qualche nuvola all'azione del vento, e dalla ripulsione del vento diretto che poi riprende il suo impero dacchè è vinto l'ostacolo.

IV. I venti sono più violenti nelle ominenze che nel piano; e più che si sale, più cresce la forza del vento, finchè non siam giunti all'altezza ordinaria delle nuvole cioè a $\frac{1}{3}$ di lega, dove il vento soema e il cielo è per lo più sereno. E inoltre un vento in origine leggerissimo diviene tanto più veemente quanto più si avvanza nel suo corso, perchè nel caricarsi che fa di tutti i vapori e esalazioni sparse nel tratto che va percorrendo, queste ne accelerano il moto in ragion del peso che esse aggiungono alla massa primitiva delle materie, che aveva dato origine al vento.

V. Sul mare i venti d'est e quelli che vengon da poli, son più forti de' venti d'ovest e di quelli che vengon dall'equatore; nel continente è il contrario. In primavera e in autunno son più forti che in estate e in inverno: perchè 1.^o in primavera e in autunno si hanno le massime maree aeree, e però i massimi venti, e più grande è negli equinozj il flusso e riflusso atmosferico; 2.^o la fusion della neve in primavera e la risoluzione de' vapori elevati dal Sole in estate che ricadono in pioggia

nell' autunno, producon de' venti o li aumentano; 3.^a nel passaggio dal caldo al freddo o dal freddo al caldo deve aumentare e diminuire assai il volume dell'aria, il che dee produrre de' gran venti ec. ec.

VI. Fra le cause primarie de' venti dee porsi ne' nostri climi, come in ciò ben ragionano anche Aristotele (*Météor.* l. 2. c. 4) e Seneca (*Nat. quæst.* l. 5. c. 8 e 16) senza punto conoscersi le calme e le bonacce de' mari della zona torrida nè i freddi orribili della zona glaciale, il caldo e il freddo che col rarefare e col condensare l'atmosfera la traggon dallo stato d'equilibrio, i vapori e le esalazioni enormi, il premer delle nuvole più su una data regione aerea che su un'altra, il fuoco de' vesuvj, e il calor centrale e elettrico della Terra. Infatti rispetto a' vapori o' insegnano l'esperienze, che l'acqua è 800 volte più densa dell'aria atmosferica inferiore, che i vapori i più densi si sostengon sospesi nell'aria per esser d'eguale gravità specifica, e che questi rendendosi poi più leggieri dell'aria si elevano alla region superiore dell'atmosfera ad un' altezza dove l'aria è 10 volte più rara che alla superficie terrestre, cioè acquistan essi un grado di rarefazione, per cui sono 800 volte più rari di quel che lo erano nel loro stato naturale. Quando dunque sarà enorme la massa de' vapori, verrà turbato assai l'equilibrio dell'atmosfera, per cui nascerà il vento. Per es. in Italia e nel Mediterraneo si soffrono i maggiori venti nelle grandi piogge dell'Autunno, e nel disciogliersi che fanno in Primavera le nevi delle Alpi, per cui succede un'evaporazione continua nell'atmosfera. Quindi è che le nuvole ancora, che non son formate da altro che da vapori terrestri, saranno un'altra causa de' venti. Dalla maniera con cui si procuran delle correnti artificiali d'aria per mezzo della pression dell'aria nell'arte della fusion de' metalli, possiamo prender l'idea di ciò che succede nell'aria per mezzo della pression d'una nuvola, per cui si provan talora venti orribili e vorticosi. Benchè queste nuvole per essersi assai elevate a motivo d'un veemente calore non ci compariscano più larghe d'un *acchia di bove* (nome dato loro dagli Olandesi), pure tutte le materie di diversa natura che comprendono in se, non potendo star lungo tempo senza fermentare e prendere un moto intestino, si riscaldano, e mettono in fusione le molecole aquee ivi condensate, per il che si ravvicinano gli strati diversi componenti la nuvola stessa; la quale diviene così più pesante, e però precipita a basso furiosa, e produce un vento

violento e fischiante in mezzo ad una pioggia oraganosa. Tali tempeste son frequenti e terribilissime presso al Capo di Buona Speranza (Varen. *Geogr.* l. I. c. 21), sulla costa orientale dell' Affrica, e nel tratto di mare fra la punta meridionale del Madagascar fino al Capo, e sotto l'equatore fra l' Affrica e l' America.

Riguardo ai vulcani dee sapersi che per questo appunto terribili sono i venti nei mari del Giappone, paese che in una piccola estensione comprende un gran numero di vulcani.

Finalmente i venti caldi e soffoganti del Coromandel, il micidiale Samyel delle coste del Golfo Persico e del mar rosso e delle terre dell' Arabia Petrea indicano il potere elettrico per formarne dei venti. Poichè ad onta di una notte fresca e di un'aurora foriera del più bel giorno, il cielo cangia in un tratto col divenir rosso e focoso, e tosto si sente un fischiar simile al romor d'un fuoco che scoppietta, unitamente ad un fetido odore solforoso, e indi ne succede un vento d'est che fortunatamente dura solo per un quarto d'ora, e allora il Cielo torna a riprendere il suo primiero sereno, e l'aria la sua prima calma. Chi disgraziatamente resta esposto ai sintomi di questi venti, china la testa a terra per tentar di salvarsi, ma pur non ostante spesso resta bruciato interamente in guisa, che vi sembra come sopito in un sonno profondo, e che al solo prendere che voi facciate un braccio, una gamba ec. di questa vittima infelice vi resta in mano con vostra sorpresa il braccio, la gamba ec. (Chardin. *Voyage* T. 4.°).

Si può dire che il fluido elettrico quì agisce con tutta la sua forza e libertà, separa, divide ec., uccide con quiete e in silenzio: e perchè Thevenot ed altri ci dicono, che trovandosi sull'acqua o ponendosi addosso de' panni umidi si sfugge la furia del Samyel o Samum, dovrà cioè attribuirsi all'acqua che come buon conduttore scarica l'aria d'elettricità, come pure il gettarsi a terra fa che l'elettricità aerea si metta in comunicazione con l'elettricità della Terra.

Tuttavia dir dobbiamo con Alembert (*Reflex. gen. sur la cause des vents*, Introduction), „ Se non possiamo porre a calcolo i venti prodotti dal calor solare, benchè regolari e costanti, molto meno dobbiam cercare quali disordini eccitar posson nell'aria le variazioni accidentali del caldo e del freddo, prodotte o dall'elevazion de' va-

pori delle nubi o da altre cause ignote senza legge veruna ».

VII. Per dire ora qualche cosa delle qualità naturali de' venti, lasciando stare che essi trasportan le nubi e rinfrescan l'aria talora troppo riscaldata, come i venti che dai poli soffiano all'equatore, e la riscaldano quando è frigida, come i venti d'Africa i quali talvolta inquietano anche l'Italia, sono essi secchi quando soffiano da paesi sterili, come si prova nelle immense pianure della Tartaria orientale, o nei deserti sabbiosi dell'Africa. Però noi vediamo anche in Italia che dopo piogge abbondanti i venti impetuosi di Mezzodì e di Ponente asciugano presto le terre. Al contrario i venti sono umidi quando vengon dai mari, dai laghi, dalle paludi ec. Così il vento di Mezzogiorno è per l'Europa, e specialmente per i paesi prossimi al Mediterraneo, umido e caldo; perchè non solo vien dall'Africa dove l'azione verticale del Sole, e le qualità del suolo portan nell'atmosfera delle esalazioni secche e cocenti, ma anche passa il Mediterraneo per mezzo ad una copiosa e continua evaporazione, che tramanda nell'aria quantità immensa di vapori di cui si impregna il vento di mezzodì. Allora accade per la macchina umana che il calore distende le parti molli dei solidi, cresce l'effervescenza del sangue, si metton più in moto gli umori e si rilasciano i vasi venosi. Però gravizza di testa, ebeti i sensi, l'udito e la vista non tanto penetrante, le sensazioni confuse, un disordine nelle funzioni animali, gli organi delle sensazioni carichi d'umori estranei, e inetti a recare al cervello distintamente le impressioni degli oggetti da loro mal ricevute: quindi una rilassatezza generale nelle membra, incapaci ormai di sostenere gravi e lunghe fatiche anche per l'eccessiva traspirazione cutanea a motivo del rilassamento totale dell'epidermide, e però malinconia, abbattimento, inquietudine.

All'opposto il vento del Nord è per noi freddo e asciutto, e rende l'aria pura e il cielo sereno, laddove per i Turchi produce delle tempeste; e però gli danno il nome di *nero*, e all'Ellesponto che esso attraversa danno il nome di *Mar nero*: però per noi è nunzio di robustezza, di sveltezza, d'agilità, e vivacità di spirito: però gli abitanti dell'Abruzzo (*genus acre virum Marsos*, Virgil. Georg. l. 2) per esser dominati dai venti freddi e asciutti del Nord, sono i più intraprendenti, faticanti e difficili a un nuovo governo.

Le regioni esposte al vento d'est e al coperto degli altri sono le più sane e le più allegre.

Per l'Italia lo Scirocco può dirsi il nostro flagello, perchè ci illanguidisce all'estremo; come pure umidissimo è per noi il Libeccio e mal sano: laddove nucono ai nostri alberi i venti di Tramontana e Grecale come secchi e freddissimi, perchè vengono da' paesi abbondanti di nevi. Quanto giova il difendersi da venti siffatti per mezzo di selve maestose che almeno ci difendano dai venti meridionali! V. *Baconis Hist. Ventorum*, Halley (*Des vents périodiques*, Bibliot. univ. T. 4), Dampier (*Traité des vents*), Alembert (*de la cause gen. des vents*), Buffon (*Hist. nat. T. 1. §. des vents*), Brisson (*Diction. Phys. art. Vents*), Richard (*Hist. des meteor. T. 6*):

MISURE

A N T I C H E	piedi parigini	pollici	linee
Piede piccolo greco	—	6	2
Spitama (<i>palms</i>)	—	7	8
Piede geometrico	—	10	3
. . . romano	—	10	10,6
. . . olimpico (<i>pygma</i>)	—	11	6
Cubito comune	1	3	4,7
. . . . sacro (<i>nilometro</i>)	1	8	6,4
. . . . ebraico	1	7	10
Passo semplice (o del viandante) . . .	2	1	8
. . . geometrico o doppio	4	3	4
. . . romano (o braccio romano) . . .	4	6	5
. . . persiano (o braccio greco) . . .	5	1	7
Acena (canna o pertica comune) . . .	8	6	7
. . . doppia	17	1	2
Jugero	85	6	—

(a) Di quì nasce il decametro, ectometro ec. e il decimetro, centimetro ec. Per tutte le misure moderne V. Tavole di riduzione ec. (edizione ufficiale. Firenze 1809): e Lacroix Aritmetica (Firenze 1811). Il metro è braccia fiorentine 1. 14. 3, 2.

(b) Il braccio *a terra* sta al braccio *a panno* :: 17 : 18; onde braccia 6 *a terra* = $5\frac{2}{3}$ br. *a panno*, perchè $\frac{17}{3} \cdot \frac{18}{17} = 6$, e perchè è il primo < del secondo di $\frac{1}{18}$, cioè il primo è soldi 18. Io $\frac{2}{3}$, mentre il secondo è 20 soldi. Dal che nasce che anche l'antico miglio fiorentino (1000 passi romani di 5 pie. l'uno) di 3000 br. *a terra*, è ora $2833\frac{1}{3}$ br. *a panno*.

(c) Quindi 30 poll. ingl. = 28 poll. fr. = 0,76 metri.

LINEARI

MODERNE

	piedi parigini	pollici	linee
Metro (a)	3	11	3
. . . . per comodo dell' A.	3	—	—
Passo geometrico parigino	5	—	—
Pertica o tanna fiorentina di braccia $5 \frac{2}{3}$ a panno o comuni	10	2	2
. . . . di braccia 6 a terra fuor d' uso	9	6	3,5
. . . . agrimensoria usuale di 5 braccia	8	11	8
. . . . parigina } grande	22	—	—
. . . . parigina } piccola	18	—	—
Tesa parigina	6	—	—
Auna parigina	3	7	10,8
. . . inglese (yard)	3	7	8
Braccio di Firenze usuale o a panno (= o, 58 metri)	1	9	6,7
. . . . a terra fuor d' uso (b)	1	8	4,4
Palmo romano usuale	—	8	3
. . . . di Napoli	—	9	8,2
Piede francese o parigino	1	—	—
. . . inglese (c)	—	11	3,12
. . . del Reno e di Leida	—	11	7,2
. . . di Norimberga	—	11	2,6
. . . , Vienna	—	11	3,12
. . . . Lucca (braccio)	1	9	9,5
. . . . Milano (braccio)	1	9	9,3
. . . . Modena	1	11	5,2
. . . . Novara (il moderno)	1	10	2,3
. . . . Pavia	1	5	4
. . . . Padova	1	3	9,9
. . . . Torino	1	6	11,7
. . . . Venezia	1	—	10

MISURE

A N T I C H E	Tese parigine		
Stadio piccolo di 600 pie. piccoli . . .	51	1	2
. . . . olimpico di 600 pie. olimp. . .	95	0	8
Viaggio sabbatico (2000 cub. com. ebr., 1000 passi semplici)	356	3	9
Miglio ebraico (4000 pie. geometr.) . .	570	4	—
. . . . antico europeo (5000 pie. geom.)	713	2	—
. . . . romano (1000 passi o 5000 pie. rom.)	756	—	—
. . . . asiatico (6000 pie. geom.) . . .	856	—	—
Coss indiano (9000 pie. geom.) . . .	1284	—	—
Parasanga (24000 spitame, o 18000 pie. geom.)	2568	—	—

Un grado del gra

Leghe fr. marine	20
. comuni	25
Miglia romane	75
. . . . geografiche	60
. . . . fiorentine	67 $\frac{1}{2}$
. . . . inglesi	68

ITINERARIE

MODERNE

Tese parigine

Lega fr. marina (20000 pie. geom.)	2853	2	—
. . . . comune (3200 passi geom.)	2283	—	—
. . . . detta per gli Astronomi	2280	—	—
. . . . piccola	2000	—	—
Giornata fr. di cammino	22830	—	—
Werst di Russia	547	—	—
Miglio d'Italia o geografico	951	3	11
. . . . di Toscana o fiorentino (1, 65 chilometri)	848	2	6
. . . . moderno di Roma	764	—	—
. d' Inghilterra	827	3	2
. d' Austria	3892	2	6
. di Svezia	5438	—	3

erchio terrestre è

Werst di Russia	80
Stadj olimpici	360
Piedi geometrici	400000
Alla latitudine media secondo Piccard Tese	57060

MISURE

Jugero quadro q. (2 atti q. o pertiche rom. q. 288 di 100 pie. rom. q. l'una) = 26120 pie. fr. q.	Tese quad. 725, 5
Acre di Normandia (160 pertiche q. di 22 pie. l'una) = 77440 pie. q.	2151, 1
. . . di Parigi (<i>arpent</i>) 100 pertiche q. (di 22 pie.) = 48480 pie. q.	1344, 1

Antiche fiorentine abolite nel 1782.

Stajoro = stiora 3 = br. q. a terra 5184 = br. a panno 4614	
Stioro = panora 12 = ...	1728 = 1541, 3
Panoro = pugnora 12 = ...	144 = 128, 4
Pugnorio = ...	12 = 10, 67
Braccio quadro	1 = soldi q. 17

(d) Infatti perchè 17 br. a panno ne fanno 18 a terra, per il rapporto delle lor superficie q. la Geometria ci dà $17^2 : 18^2$ o 289 : 324, ossia 324 br. q. a terra corrispondono a 289 br. q. a panno.

SUPERFICIALI

Comuni fiorentine fissate nel 1762.

Quadrato (Q) = 10 Tavole = (are 34,06) Braccia a panno	10000
Tavola (T) = 10 Pertiche o Canne = ...	1000
Pertica (P) = 10 Deche = ...	100
Deca (D) = ...	10
Braccio q. (B) = ...	1

Quindi è che 1.^o avendo per esempio 8945632 br. q., col punteggiare le prime quattro cifre si ha 894 Q, 5 T, 6 P, 3 D, e 2 B q.; 2.^o avendo 59 Q, 7 T, 4 P, 8 D, e 6 B q., si scriverebbe 597486. 3.^o

Stiori	1 = Q	—	T 1.	P 5.	D 4.	B q. 1 $\frac{1}{2}$
	10 =		1.	5.	4.	1. 3 $\frac{1}{2}$
	100 =		15.	4.	1.	3. 3 $\frac{1}{2}$
	1000 =		154.	1.	3.	3. 3 $\frac{1}{2}$
	10000 =		1541.	3.	3.	3. 3 $\frac{1}{2}$

	Peso franc.			Valore in mon.		
	onc.	gros.	grani	lire	se.	den.
Terunzio.	—	—	1, 5	—	—	4, 1
Lupino.	—	—	7	—	1	6, 2
Obolo ($\frac{1}{2}$ scrupolo)	—	—	10, 5	—	2	4
Sesterzio ($\frac{1}{4}$ di scrupolo, <i>nummus, sestertius</i>) (e)	—	—	15, 7	—	3	6
Diobolo (2 oboli) scrupolo rom.	—	—	21	—	4	8
Triobolo (3 oboli) $\frac{1}{2}$ dramma o $\frac{1}{2}$ grosso	—	—	31, 5	—	7	—
Tetrobolo (4 oboli)	—	—	42	—	9	4
Dramma attica piccola (6 oboli) o danaro rom. (f)	—	—	63	—	14	—
Tetradamma (<i>stadèra d'argento</i>) o 3 dramme attiche grandi.	—	3	36	2	16	—
Siclo samaritano o ebraico	—	3	50	2	19	1, 3
Dramma attica media	—	1	9	—	18	—
. . . . grande (4 scrupoli)	—	1	12	—	18	8
Oncia romana (24 scrupoli) 6 grandi dramme att., o 8 piccole (g)	—	7	—	5	12	—
<i>Sextans</i> ($\frac{1}{2}$ d'asse o 2 once)	1	6	—	11	4	—
<i>Stadera d'oro</i> (col rapporto di 1 : 16) <i>aureus, chrysos</i>	2	1	36	14	—	—
<i>Quadrans</i> (3 once)	2	5	—	16	16	—
<i>Triens</i>	3	4	—	22	8	—
<i>Semissis</i> ($\frac{1}{2}$ asse)	5	2	—	33	12	—

(e) Il gr. sesterzio (*sestertium*) è ideale = 1000 sest. picc.

(f) Il danaro rom. era 4 sesterzj o 40 terunzj.

(g) L' oncia romana antica sta alla parig. :: 7 : 8.

PESI ANTICHI

	Peso franc.				Valore in mon. fr.		
	libb.	onc.	gros.	grani	lire	sol.	den.
Asse o libbra rom. ($7\frac{1}{2}$ gran dramme o 96 picc.) (h) . . .	—	10	4	—	67	4	—
<i>Dupondius</i> (2 assi)	1	5	—	—	134	8	—
Mina rom. (<i>mina</i>) (60 di esse fanno $\mathfrak{L}$. 100 rom.)	1	1	4	—	112	—	—
. attica piccola (75 gr. dram., o 100 picc.) (i)	—	10	7	36	70	—	—
. grande (100 gr. dram., o $133\frac{1}{3}$ picc.)	—	14	4	48	93	6	8
. talmudica	—	7	2	24	46	13	4
Congio ($\mathfrak{L}$. 10 rom., o 960 dram. pic.) (2 congj = $\frac{1}{2}$ urna) . . .	6	9	—	—	672	—	—
Urna ($\frac{1}{2}$ <i>quadrantal</i>)	26	4	—	—	2688	—	—
<i>Quadrantal</i> , <i>amphora</i> , <i>metreta</i> ($\mathfrak{L}$. 80 rom.)	52	8	—	—	5376	—	—
Metreta greca ($\mathfrak{L}$. 90 rom.) . . .	59	1	—	—	6048	—	—
Talento attico picc. o comune (4500 dram. gr., o 6000 pic.)	41	—	2	—	4200	—	—
. grande (6000 gr. dram., o 8000 picc.)	54	11	—	—	5600	—	—
. italico (<i>centam-</i> <i>pondium</i>)	65	10	—	—	6528	—	—
. alessandrino o e- braico ($\frac{1}{2}$ talenti picc.)	82	—	—	—	8400	—	—
. di rame	—	11	8	—	75	—	—

(h) Si considera nella prima istituzione e non dopo le varie riduzioni.

(i) 10 picc. mine attiche = 1000 dram. piccole.

PESI MODERNI

	Libbra parig.			Libbra fior.		
	onc.	gros.	l.	onc.	dan.	l.
Berlino (<i>libbra di 2 marchi</i>) . . .	15	2	32	16	13	5, 1
Costantinopoli (<i>Cheki</i>)	10	3	28	11	6	12, 5
Dresda e Danzica (<i>lib. di 2 marc.</i>) . . .	15	1	7	16	12	2, 1
Firenze (<i>lib. di 12 once</i>) (<i>k</i>) . . .	11	$\frac{1}{2}$	20	12	—	—
Leida	14	7	11	16	7	1
Londra (<i>libbra troy</i>)	12	1	$\frac{1}{3}$	13	4	8, 1
. (<i>avoir du poids</i>) (<i>l</i>) . . .	14	6	$\frac{1}{2}$	16	—	16, 5
Lucea per il commercio	10	6	22, 5	11	16	12
Monaco di Baviera (<i>libb. di 2 marc.</i>) . . .	15	2	23	16	12	19, 5
Modena	11	—	67, 1	12	—	12
Napoli (<i>libbra</i>)	10	3	$\frac{1}{2}$	11	8	2, 7
. (<i>rotolo</i>)	29	$\frac{1}{2}$	35	31	11	19, 7
Norimberga	16	5	18	18	—	6, 5
Parigi (<i>lib. di 2 marc.</i>)	16	—	—	17	7	5, 7
Reno (<i>libbra del</i>) di 7680 gr. Ren.	12	—	32	13	1	—
Roma (<i>libbra</i>)	11	$\frac{1}{2}$	14	11	23	17, 5
Turino (<i>libbra comune</i>) di 12 once.	10	—	27, 5	13	—	22, 7
Vienna (<i>lib. di 2 marc.</i>) nel com- mercio	18	2	32	19	19	2
. nella zecca	18	2	52	19	19	23, 5
(<i>m</i>)						

(k) Divisione della $\mathfrak{L}$. parig.

grani

24	danaro	grosso o dramma			
72	3				
576	24	8	oncia		
4608	192	64	8	marco	
9216	384	128	16	2	libbra

Questa libbra è $\frac{1}{2}$
chilogrammo.Divisione della $\mathfrak{L}$. fiorentina.

grani

24	danaro	dramma			
		o			
72	3	grosso			
576	24	8	oncia		
6912	288	96	12	libbra	

Questa $\mathfrak{L}$. = 340
grammi.(l) $\mathfrak{L}$. 2000 ingl. fanno il *tun*.(m) Il cantaro comune è $\mathfrak{L}$. 150 = 51 chilogrammi, e il quintale è $\mathfrak{L}$. 100 = 33, 9 chilogr.

MISURE

P E R I

MISURE ANTICHE	pol. cub. fr.	pinte fr.
Piede cubico geometrico	1092	22, 7
. . . rom. o metreta (<i>amphora</i>) . .	1296	27
. . . pigma	1555	32, 2
. . . greco o metreta (<i>cadus, diota</i>) (n)	1458	30, 4
<i>Cyathus</i> de' Greci	1, 7	0, 35
. . . de' Latini	2, 25	0, 46
<i>Concha</i>	0, 8	0, 18
Urna	648	13, 5
Congio	162	3, 4

(n) Il cado conteneva 2. 90, e l'anfora 2. 80 rom. d'umido: ossia il pie. cub. gr. sta al pie. cub. rom. :: 9 : 8; l'idria era 3 anfore.

DI CAPACITÀ

LIQUIDI

MISURE MODERNE	pie. cub. fr.	pinte fr.
Tonnellata com. fr. (3 botti) (l'ingl. è un pò più forte)	24	864
Botte	8	288
Foglietta ($\frac{1}{2}$ botte)	4	144
	pol. cub. fr.	
Barile fr.	1728	36
. . . . fiorentino da vino (20 fiaschi) .	3297	68 $\frac{3}{4}$
. . . . da olio (16 fiaschi)	2637	55
Brocca fr.	576	12
Gallon fr. (l'ingl. è più forte) . . .	192	4
Boccale fr.	96	2
Pinta (l'ingl. è doppia della fr.) . .	48	1
Fiasco ($\frac{1}{4}$ mezzette) da vino	164	3 $\frac{1}{2}$
. da olio	132	
Mezzetta (2 quartucci)	41	1 $\frac{1}{2}$
. . . . da olio	33	

MISURE

PER GLI

MISURE ANTICHE	peso. fr.	staja l. e quart.
Medinno attico (6 moggia)	2. 70. 14	3. 9
Moggia gr. (cong. 2 $\frac{1}{3}$)	11. 13	— 9
. . . (o) romano	15. 12	— 12
Congio gr. (3 chenici)	4. 7	— 3
. . . rom. ($\frac{1}{3}$ d'anfora)	5. 14	— 4
Chenice	1. 8	— 1
Anfora (3 moggia rom.)	47. 14	2. 6

(o) Il moggio gr. sta al rom. :: 3 : 4.

DI CAPACITÀ

ARIDI

MISURE MODERNE

L. franco

litri

Moggio fr. (144 staja)	2880	1873
. fior. (24 staja)	—	585
Tonneau di marina di L. 2000 fr. .	2268	—
(il tun ingl. è L. 2000 ingl. .		
Sestario (staja 12)	240	156
Mina (staja 6)	120	78
. . . fior. ($\frac{1}{2}$ stajo) 16 mezzette . .	—	12, 18
Boisseau o stajo (16 quartucci) . .	20	13
. fior. (2 mine) . .	—	24, 30
Litron o quartuccio	1 $\frac{1}{2}$	0, 8
. fior.	—	0, 4
Sacco (3 staja)	—	73, 1
Quarto (8 mezzette)	—	6, 1
Mezzetta (2 quartucci)	—	7, 6

Per il legname un traine è 2 br. cub. = metri-cub. o steri 0, 4
 1 br. cub. è 6 bracciola = ... 0, 2
 1 bracciolo = ... 0, 03

I N D I C E

DE' LIBRI E CAPITOLI

E DELLE COSE PRINCIPALI.

L I B R O XI.

Della luce *pag.* 1.

La luce ha più significati §. 647. fluido luminoso è la causa della luce *ivi.* divisione di questo Trattato *pag.* 2. velocità della luce *ivi.*

PARTE I. Della luce diretta *ivi.*

CAP. I. Della propagazione della luce *ivi.*

Sue leggi §. 648. si propaga in linea retta 649. oggetti roversciati nell'occhio *ivi.* sistema di Cartesio 650. di Huygens *pag.* 7. di Newton §. 651. velocità della luce *pag.* 9. aberrazione 10. obiezione e risposta contro l'emission della luce §. 652.

CAP. II. Indebolimento della luce *pag.* 12.

Definizioni §. 653. sua legge *pag.* 13. formula generale §. 654. corollarj *pag.* 14.

CAP. III. Dell'Ombre *pag.* 15.

Ombra §. 655. penombra 656. misura dell'altezze per mezzo dell'ombra *pag.* 16. ombre de' corpi sferici §. 657. corollarj *pag.* 17 e 18.

CAP. IV. Dell'apparenze degli oggetti *pag.* 19.

Grandezza apparente §. 658. nelle piccole distanze 659. nelle grandi 660. idea delle distanze *pag.* 20. prospettiva 21. grandezza degli astri 24. convergenza apparente delle lunghe parallele §. 661. figura apparente 662. di una lunga retta 663. d'un poligono regolare 664. oscurità apparente 665. lontananza apparente 666. corollarj 667. numero apparente 668. oggetti doppij 669. perchè con i due occhi si veggono

scempj gli oggetti *pag.* 26. moto apparente §. 670. esperienze 671. per le gran velocità 672. sua legge 673. corollarj *pag.* 27.

PARTE II. Della luce riflessa *pag.* 30.

CAP. I. Leggi generali *ivi.*

Angoli di incidenza e di riflessione §. 674. loro legge 675. oggetti presentati da specchi 676. nel caso che si muovano 677. piano di riflessione 678.

CAP. II. Degli specchi piani *pag.* 32.

Definizione §. 679. foco di uno specchio *ivi.* applicazioni *pag.* 33. corollarj 34. specchio orizzontale §. 680. a angolo di 45° 681. parallelo all'oggetto 682. mobile 683. amalgamato 684. fenomeni di due specchi fra cui è lo spettatore e l'oggetto 685.

CAP. III. Specchi sferici convessi *pag.* 38.

Specchi metallici *ivi.* definizioni §. 686. fenomeni dei raggi paralleli 687. de' divergenti 688. formula 689. concorrenza de' raggi 690. altri teoremi *pag.* 40.

CAP. IV. Specchi sferici concavi *pag.* 41.

Fenomeni de' raggi paralleli §. 691 e 692. corollarj *pag.* 42. fenomeni de' raggi partiti dal centro dello specchio §. 693. de' raggi divergenti 694. formula 695. corollarj *pag.* 44. roversciamento degli oggetti §. 696 e 697. teorema 698. via tenuta da' raggi riflessi 699. corollarj 700. applicazioni 701. caustico di Bufon *ivi.*

CAP. V. Specchi prismatici, piramidali ec. *pag.* 48.

Prismatici §. 702. piramidali 703. cilindrici 704. parabolici 705. ellittici 706.

CAP. VI. Causa della riflessione della luce *pag.* 50.

Esperienze di Newton §. 707. e pensieri di Malebranche 708. i corpi agiscono sulla luce or col respingerla or coll'attrarla 709. sentimento di Newton e teoremi che vi si appoggiano *pag.* 53.

PARTE III. Della luce refratta *pag.* 54.

CAP. I. Leggi della refrazione *ivi.*

Cos'è refrazione §. 710. sua legge generale 711. raggi incidenti e refratti 712. doppia refrazione *pag.* 57. 1.^a e 2.^a legge particolare della semplice refrazione §. 713. e 714. canoni speciali *pag.* 58. angoli d'incidenza e di refrazione 715. rapporto costante de' loro seni 717. e delle lor cosecanti 718. in tutte le circostanze 719. sua determinazione *pag.* 60. forza rifrangente delle molecole de' corpi in ragione di lor den-

sità §. 720. corollarj *pag.* 63. i combustibili rifrangon la luce più de' non combustibili *pag.* 62.

CAP. II. Della refrazione in mezzi separati da superficie piane *pag.* 64.

Legge per i raggi paralleli §. 721. per i divergenti 722. per i convergenti 723. altri teoremi 724.

CAP. III. Della refrazione in superficie sferiche *pag.* 66.

Foco virtuale e reale *ivi.* trovare il raggio refratto §. 725. e il punto di dispersione o foco de' raggi refratti 726. teoremi nei diversi casi del passaggio della luce 727. . . . 731. modo di avere i raggi paralleli 730.

CAP. IV. Delle lenti *pag.* 71.

Varie specie di lenti §. 732. lenti piane 733. concave e convesse 734. proprietà delle convesse 735. delle concave 736. lenti istorie 737. trovare il fuoco di una lente *pag.* 73.

CAP. V. Della refrazione astronomica *pag.* 74.

Definizione e teoremi §. 738. corollarj *pag.* 75. questioni e risposte sulla refrazione astronomica §. 739.

CAP. VI. Della diffrazione *pag.* 76.

Definizione §. 740. osservazioni e esperienze di Flaugergues 741. sue leggi *pag.* 77.

CAP. VII. Della vista *pag.* 78.

Occhio §. 742. leggi de' raggi nel passar per gli umori dell'occhio 743. gotta serena *pag.* 79. perchè i neonati non veggono subito gli oggetti 80. formazione dell'immagini degli oggetti negli occhi *ivi.* distinzione degli oggetti 81. visione §. 744. viste diverse 745. occhiali *ivi.* massima e minima distanza per vedere gli oggetti *pag.* 83. strabismo 84.

CAP. VIII. Degli strumenti ottici *pag.* 85.

Telescopj in genere §. 746. di refrazione 747. di Galileo 748. quì gli oggetti son diritti 749. lunghezza di questi canocchiali *pag.* 86. ingrandimento degli oggetti 87. teoria 88. spioncini 89. telescopio astronomico §. 750. sua lunghezza *pag.* 90. ingrandimento 91. teoria 92. telescopio terrestre §. 751. teoria *pag.* 93. canocchiali acromatici §. 752. vetro inglese *pag.* 94. obiettivo di Dollond *ivi.* di Klugel 95. teoria di questi canocchiali *ivi.* raggi delle lor lenti 96. telescopj di riflessione §. 753. telescopio newtoniano 754. specchi obbiettivi metallici *pag.* 97. il trovatore 98. telescopio gregoriano 755. di Lemaire 756. di Herschell *pag.* 100 e 101. miglioramento fattovi da Amici *ivi.* micro-

scopj *ivi*. microscopio semplice §. 757. teoria *pag.* 102. lenti microscopiche 103. ingrandimento per mezzo di esse 104. microscopio composto §. 758. teoria *pag.* 105. ingrandimento *ivi*. microscopio solare §. 759. lanterna magica 760. fantasmagoria 761. teoria *pag.* 107 e 108. polemoscopio §. 762.

PARTE IV. Della decomposizione della luce *pag.* 109.

CAP. I. Della luce in un prisma *ivi*.

Esperienza §. 763. colori omogenei 764. non cangiano per la riflessione 765. nè per la rifrazione *pag.* 111. corollario §. 766. i raggi più rifrangibili son più riflessibili 767. calor vario dei raggi di vario colore 768. e loro varia illuminazione 769. leggi de' raggi del calore e della luce 770 e 771. calor de' raggi proporzionale alla lor quantità 772. fotometro di Leslie *pag.* 117. mescolanza de' colori §. 773. esperienze 774. il variar colori 775. modo meccanico di variarli *pag.* 119.

CAP. II. Colori de' corpi naturali *pag.* 120.

I corpi naturali riflettono i raggi di tutti i colori §. 776. quand'è che i raggi riscaldin più 777. corpi trasparenti 778. lor teoria 779. osservazioni 780. teorema 781. anelli coloriti *pag.* 121. teoria e pratica de' colori naturali 123. esperimenti di Delaval 124. colori cangianti 125. esperienze di Berthollet §. 782. teoria di Newton 783. osservazioni chimiche sui colori 784. colori primitivi delle arti *pag.* 126. esperienza di Herschell §. 785. sua spiegazione degli anelli coloriti *ivi*. ombre colorite e colori accidentali 786.

CAP. III. Dell' opacità e fosforescenza *pag.* 129.

Corpi opachi e trasparenti §. 787. lor teoria 788 e 789. osservazioni 790. teorema 791. obiezione e risposta 792. pietre idrofane *pag.* 130. blende 133. fosforescenza §. 793. opinioni varie 794. esperienze e conseguenze di Dessaignes 795. . . . 798.

CAP. IV. Doppia refrazione e polarità della luce *pag.* 135.

Doppia refrazione §. 799. sua teoria 800. teorema 801. corpi a doppia refrazione 802. micrometro di Roehon 803. esperienze di Wollaston *pag.* 137. teoria di Newton §. 805. di Huygens 806. polarità della luce 807. esperienze di Malus 808. . . . 840. eliostata *pag.* 139.

LIBRO XII.

- Dell' elettricismo *pag.* 142.
 Cos' è elettricità §. 811. fluido elettrico *ivi.*
- PART. I.** De' fenomeni elettrici *pag.* 142.
- CAP. I.** Elettricità per via di strofinamento *ivi.*
 Cattivi conduttori §. 812. ambra gialla *pag.* 143. *gagata* *ivi.* buoni conduttori §. 813. modo di conoscerli *pag.* 144. eccitazione *ivi.* isolare i corpi 145. semiconduttori §. 814. elettricità vitrea o positiva, resinosa o negativa 815. corpi che acquistano l'una o l'altra 816.
- CAP. II.** Elettricità per comunicazione *pag.* 148.
- ARTIC. 1.** Strumenti d' elettricismo *pag.* 149.
 Macchina elettrica §. 817. elettroforo 818. condensatori 819. boccia di Leida 820. batteria elettrica 821. elettrometri 822. modo di conoscer la specie d' elettricità 823. difetti dell' elettrometro a pagliuzze *pag.* 155.
- ARTIC. 2.** Indebolimento della virtù elettrica *pag.* 156.
 Bilancia elettrica §. 824. forza di torsione *ivi.* esperienze di Coulomb *pag.* 157. misura della densità della terra §. 825.
- ARTIC. 3.** Attrazioni e ripulsioni elettriche *pag.* 159.
 Esperienze §. 826. modo d' imprimer nel tempo stesso ad un corpo il moto ellittico e di rotazione *pag.* 160.
- ARTIC. 4.** Razzi e punti raggianti *pag.* 161.
 Saturazione d' elettricismo §. 827. suo dissipamento *ivi.* esperienze *ivi.*
- ARTIC. 5.** Punte *pag.* 162.
 Le punte sviano l' elettricismo §. 828. teoria de' parafulmini *ivi.* più punte si pregiudicano *ivi.*
- ARTIC. 6.** Scintille e combustioni *pag.* 163.
 Scintille §. 829. esperienze *ivi.* combustioni *ivi.* 4.° esperienze di Nelis sui cannoni 830.
- ARTIC. 7.** Scosse elettriche *pag.* 164.
 Scossa con la sola boccia di Leida §. 831. esperienze *ivi.* quadro magico *pag.* 165. traforare la carta ed il vetro 166. morte degli animali 167. velocità del fluido elettrico *ivi.*
- ARTIC. 8.** Elettricità nel vuoto *pag.* 168.
 Nel vuoto è più energico il fluido elettrico §. 832. esperienze che lo dimostrano *ivi.*
- ARTIC. 9.** Elettricità per la vegetazione ed economia animale *pag.* 169.

L' elettricità accelera l' evaporazione §. 833. ajuta la vegetazione *ivi.* e scioglie gli umori ristagnati *ivi.*

CAP. III. Elettricità per contatto *pag.* 170.

Proprietà de' metalli eterogenei §. 854. e delle sostanze resinose 855.

ARTIC. 1. Contatto di due metalli eterogenei *pag.* 170.

Allor si trovano in istato di elettricità opposte §. 836. caso in cui non si ha elettricità *ivi.* 3.^o in cui si ha la resinosa *ivi.* 2.^o e 4.^o

ARTIC. 2. Contatto di resine con metalli *pag.* 171.

Gomma elastica *ivi.* esperienze §. 837. caso in cui si ha elettricità resinosa *pag.* 172 1.^o e 3.^o la vitrea *ivi.* 2.^o azione elettromotrice delle resine sui metalli 173. osservazioni §. 838.

ARTIC. 3. Contatto di resine con sostanze vitree e calcarie *pag.* 175.

Esperienze che danno elettricità negativa o resinosa §. 839. nuovo mezzo d' elettrizzare positivamente le sostanze resinose 840. elettromotore resinoso *ivi.*

ARTIC. 4. Contatto di resine con sostanze animali e vegetabili *pag.* 176.

Esperienze per le sostanze animali §. 841. I.^o e per le vegetabili *ivi.* II.^o

ARTIC. 5. Spiegazione de' fenomeni antecedenti *pag.* 177.

Tre son le cause §. 842. la 1.^a è la confricazione *pag.* 178 1.^a la 2.^a è la pressione *ivi.* 2.^o e 3.^o la 3.^a è il contatto §. 843. conclusione 844.

CAP. IV. Elettricità per via del calore *pag.* 180.

Sostanze a ciò adattate §. 845. tormalina *pag.* 181. sue proprietà §. 846. suoi poli elettrici *ivi.* altre sostanze che han le di lei proprietà 847.

PARTE II. Teoria dell' elettricismo *pag.* 182.

CAP. I. Teoria di Franklin *pag.* 183.

Principj che la stabiliscono §. 848. spiegazione di varj fenomeni 849. e della boccia di Leida 850.

CAP. II. Teoria d' Epino *pag.* 185.

Decomposizione delle forze che producono i fenomeni elettrici §. 851. principj 852. difficoltà dissipate 853. espressione analitica delle 4 forze 854. sviluppo della teoria 855.

CAP. III. Ipotesi de' due fluidi *pag.* 189.

Esperienze di Fontana *ivi.* il fluido elettrico è un composto di due fluidi §. 856. due maniere d' elettrizzare 857. i principj fondamentali 858. sviluppo di questa

Tom. III.

25 bis

teoria 859. applicazione ai fenomeni dell'attrazioni e repulsioni elettriche 860. del carillon 861. dello punto 862. dell'elettricità per contatto 863. della boccia di Leida 864 e 865. anche quando si scarica isolata 866. del contraccolpo elettrico 867. dell'elettroforo 868. del condensatore 869. obiezione e risposta pag. 201.

CAP. IV. Del posto dell'elettrico ne' conduttori elettrizzati pag. 202.

Il fluido elettrico sta sulla lor superficie §. 870. esperienze per questo teorema 871. spiegazione datane da Coulomb 873. densità elettrica 874. tensione elettrica 875.

CAP. V. Del distribuirsi che fa il fluido elettrico sulle superficie pag. 204. in eguali superficie si han le stesse densità elettriche §. 876. distribuzione del fluido elettrico fra due globi diseguali 877. esperienze pag. 206 e 207. tavola dei rapporti delle densità elettriche §. 878. distribuzione ec. su differenti punti di due globi in contatto 879. fra più globi eguali in contatto 880. sopra globi disuguali 881. su un cilindro e su una sfera in contatto 882. paragone fra l'elettricità di un globo isolato e di un cilindro 883.

CAP. VI. Della natura del fluido elettrico pag. 212.

Non si hanno su ciò che congetture §. 884. pensiero di Healey 885. proprietà comuni al fluido elettrico e luminoso e al calorico 886.

CAP. VII. Dell'elettricità animale pag. 214.

Definizione §. 887. animali elettrici 888. ipotesi sopra di essi 889. analogia fra i loro fenomeni e l'elettricità 890. ipotesi di Volta 891. fenomeni straordinari pag. 216.

CAP. VIII. Dell'elettricità atmosferica pag. 217.

Prove di Franklin §. 892. e di Ermann 893. e di Cavallo 894. di Beccaria e di Giovane pag. 219 e 220.

PARTE III. Dell'elettricità galvanica pag. 221.

Determinazione del nome §. 895.

CAP. I. Origine dell'elettricità galvanica pag. 221.

Galvani ne ha dato il nome §. 896. sue esperienze 897.

CAP. II. De' fenomeni galvanici pag. 223.

Come si hanno gli effetti galvanici §. 898. esperienze sugli organi animali 899. dell'arco eccitatore 900. esperienze 901. osservazioni 902. fluido galvanico 903. pila voltaica 904. corona di tazze 905. apparecchio di Cruik-

stank 906. esperienze 907. teorema 908. miglioramento della pila voltaica 909. pila secondaria 910. sua costruzione 911. modo di usarla 912.

CAP. III. Teoria dell' elettricità galvanica pag. 232.

Identicità dei fluidi elettrico e galvanico *ivi.* spiegazione delle contrazioni §. 913. per i metalli eterogenei 914. fatti 915. spiegazione degli effetti della pila elettrica 916. effetti della pila isolata 917. incertezza della legge de' dischi 918.

CAP. IV. Influenza del galvanismo su i fenomeni chimici pag. 239.

Esperienze §. 919. altre di Davy 920. decomposizione dell'acqua 921. misura dell'energia della pila 922.

CAP. V. Applicazioni medica dell' elettricità galvanica pag. 244.

Fatti §. 923. teoremi fissati sull'esperienza pag. 245. paragone con le cure ottenute per elettricismo ordinario *ivi.*

LIBRO XIII.

Del magnetismo pag. 246.

CAP. I. Della calamita naturale *ivi.*

Definizione §. 924. miniere 925. denominazione 926. poli 927. modo di provarli 928. asse, meridiano, equatore della calamita pag. 248. sua proprietà primaria §. 929. poli amici e nemici 930. declinazione 931. variazione diurna 932. inclinazione 933. comunicazione del magnetismo 934. armatura delle calamite pag. 252. osservazioni §. 935. virtù magnetica a diverse latitudini 936.

CAP. II. Delle calamite artificiali pag. 254.

Definizione §. 937. modo di averle 938. le più perfette 939. conservazione della loro virtù magnetica 940. altri modi di dar la potenza magnetica 941.

CAP. III. Teoria del magnetismo pag. 257.

Definizione §. 942. altri corpi, oltre al ferro, che godono il magnetismo 943. quantità di ferro necessaria a produrlo e esistente nei corpi diversi 944. nuove proprietà della calamita 945. loro spiegazione 946. fluido magnetico e universale pag. 260. composto di due fluidi §. 947. teorema 948. forza coesiva 949. sua legge 950. spiegazione de' fenomeni magnetici 951. fenomeni speciali a favor di Coulomb 952. forza dell'armatura 953. spiegazione della direzione, declina-

zione e inclinazione magnetica 954. calamita di La Hire pag. 265. azione della terra sulle verghe metalliche §. 955. esperienze pag. 269.

LIBRO XIV.

Delle meteore pag. 271.

Definizione e divisione §. 956.

CAP. I. De' venti pag. 271.

Definizione §. 957. loro divisione 958. venti etesj, mussoni e zeffiri pag. 272. celerità dei venti *ivi*. loro spiegazione generale §. 959. particolare degli etesj *ivi*. degli altri difficile 960. loro velocità 961. anemometro 962.

CAP. II. Delle meteore aquee pag. 276.

ARTIC. 1. Della pioggia *ivi*.

Definizione §. 963. pioggia ordinaria 964. paese dove più abbonda 965. sudor delle bottiglie e de' vetri pag. 277. osservazioni varie 278. pioggia misurata in varj luoghi 279. effetti della pioggia §. 966. pluviometro 967. pioggia oraganosa 968. spiegazione di essa 969. osservazioni pag. 281.

ARTIC. 2. Delle nebbie pag. 283.

Luoghi dove più regnan le nebbie §. 970. spiegazione di esse 971. varie loro qualità 972. osservazioni pag. 284.

ARTIC. 3. Della neve pag. 285.

Sua natura §. 973. e figura 974. e qualità 975. ad una forte compressione perde il candore 976. effetti del suo candore 977. effetti prodotti dalla neve 978. e vantaggi pag. 288. quando si forma §. 980.

ARTIC. 4. Della grandine pag. 289.

Definizione §. 981. grossezza della grandine 982. quando grandina? pag. 289. suoi effetti 290. calore §. 985. circostanze del grandinare 984. causa fisica 985.

ARTIC. 5. Della rugiada e del sereno pag. 292.

Cos'è la rugiada §. 986. spiegazione di sua formazione 987. sereno pag. 293. umido degli alberi §. 988. osservazioni 989. brinata 990. guazza 991.

ARTIC. 6. Delle trombe pag. 295.

Cos'è una tromba §. 992. trombe marine 993. terrestri 994.

CAP. III. Delle meteore lucide pag. 296.

ARTIC. 1. Dell' arcobaleno *ivi*.

Quando i suoi colori si veggon più chiari *ivi*. iride solare §. 995. sua spiegazione 996. suoi raggi effioaci 997. loro angolo 998. suoi colori 999. loro estensione 1000. grandezza dell'arcobaleno 1001. situazione dello spettatore per vederlo *pag.* 298. iride artificiale 302. fenomeni speciali §. 1002. determinazione dell'angolo de' raggi effioaci 1003. arcobaleno lunare 1004. marino 1005. terrestre 1006. sua varietà *pag.* 304.

Artic. 2. De' parelj, delle paraselene e corone *pag.* 305.

Parelj §. 1007. lor figura 1008. lor colori 1009. circostanze che gli accompagnano 1010. loro causa 1011. paraselene 1012. lor forma 1013. e causa 1014. aloni solari 1015. lor causa 1016. artificiali *pag.* 307. lunari 308.

CAP. IV. Delle meteore ignee *pag.* 308.

Artic. 1. Del lampo, fulmine e tuono *ivi*.

Lampo §. 1017. fulmine e tuono 1018. lor causa 1019. fulmini in sù *pag.* 310. parafulmini §. 1020. modo di difenderci dal fulmine 1021.

Artic. 2. Delle stelle cadenti e de' globi di fuoco *pag.* 312.

Stelle cadenti §. 1022. lor' origine 1023. globi di fuoco 1024. lor circostanze particolari *ivi*.

Artic. 3. Delle aurore boreali *pag.* 313.

Definizione §. 1025. circostanze che l'accompagnano 1026. perchè si veggon fra noi talvolta *pag.* 314. spiegazione di Mairan §. 1027. altri principj 1028. spiegazione dell'A. 1029. obiezione e risposta 1030. corollarj 1031. dettaglio e spiegazione delle circostanze 1032. causa datane all'elettricismo 1033. falsità di tale opinione *pag.* 320 e §. 1034. e 1035.

Artic. 4. Della luce zodiacale *pag.* 322.

Definizione §. 1036. spiegazione di Mairan 1037. provata insussistente da La Place *ivi*.

Artic. 5. Degli aeroliti *pag.* 323.

Loro epoca §. 1038. menzione fattane da varj AA. antichi 1039. ne' tempi medj 1040. ne' tempi moderni 1041. ne' nostri tempi 1042. pietre cadute a Siena 1043. masse di ferro nativo *pag.* 326. pietre cadute a Lione §. 1044. loro elementi *pag.* 328. certezza della loro esistenza §. 1045. loro formazione 1046. opinioni 1047 e 1048. opinione di Izarn 1049. di Proust 1050. di La Grange 1051. conseguenza generale 1052.

Nota A'' sulla natura della luce pag. 333.

Ci è ignota la natura della luce *ivi*. opinione dell' A. *ivi*. probabilità per essa *ivi*. e difficoltà 334. conclusione *ivi*.

Nota B'' sull'intensità della luce pag. 334.

Fotometri diversi *ivi*. intensità relativa *ivi*. rapporto fra la luce di una face e di una candela 335. perdita di luce cagionata dalla riflessione *ivi*. esperienze di Bouguer 336. tavola delle quantità di luce riflessa dall'acqua e dal vetro 337. perdita che fa la luce nel trapassare i corpi diafani 338. paragone del lume solare al centro e ai lembi *ivi*. e ne' due solstizj *ivi*. e del lunare *ivi*. quantità di luce solare riflessa dalla luna *ivi*. alle diverse altezze del sole 339. paragone della luce del sole e della luna *ivi*. indebolimento della luce solare nell'atmosfera determinato dalla logarithmica 340. luce di Venere 341. luce ordinaria del giorno *ivi*. intensità di luce trasmessa da un lume artificiale 342. massima e minima illuminazione *ivi*.

Nota C'' sulla visione distinta pag. 343.

Perchè si veggono diritti gli oggetti *ivi*. distanza a cui si veggono 344. formula di Mayer *ivi*. anche per la chiarezza della luce *ivi*. termini della visione *ivi*. loro formale *ivi*. limiti della visione perfetta *ivi*. e della distinta 345. allargamento della pupilla *ivi*.

Nota D'' Problemi varj pag. 345.

Trovar la grandezza degli oggetti *ivi*. oggetti indiscernibili *ivi*. vedere se sono sotto il tiro *ivi*. farli comparire del doppio più grandi *ivi*. e eguali 346 e 347. trovar il sito di una statua 348.

Nota E'' sulla luce rifrangente in superficie sferiche diafane pag. 349.

Modo di avere il punto di concorso de' raggi *ivi*. formula 350. anche che il punto raggianti sia il sole e in altri casi *ivi*. teoremi per il foco reale *ivi*.

Nota F'' sulle lenti pag. 351.

Teoria generale *ivi*. formula 352. sua applicazione ai casi particolari *ivi*. foco virtuale *ivi*. teoremi 353. per le lenti concavo-concave *ivi*. lunghezza focale 354. grandezza apparente degli oggetti *ivi*. e loro situazione 355.

Nota G'' sulla refrazione atmosferica pag. 355.

Effetti di questa refrazione *ivi*. loro varietà *ivi*. cre-

puscolo e aurora 356. durata dell' uno e dell' altra *ivi.* dal che si rileva l' altezza dell' atmosfera *ivi.* via che vi tiene la luce 357. modo di fissare il vero sito dell' astro *ivi.* tavola delle refrazioni 358.

Nota H'' sulla vista *pag.* 359.

I miopi *ivi.* occhiali concavo-concavi per essi *ivi.* modo di averne il raggio *ivi.* anche per i piano-concavi 360. i presbiti *ivi.* occhiali convessi per essi *ivi.* modo di averne il foco *ivi.*

Nota I'' sul prisma *pag.* 360.

Costruzione *ivi.* e angolo rifrangente *ivi.* suoi colori primitivi *ivi.* loro analogia con i tuoni musicali *ivi.* spettro solare 361. raggi di media refrangibilità *ivi.*

Nota K'' su i para-fulmini *pag.* 362.

Poli elettrici *ivi.* principj per l'uso *ivi.* sfera d'attività elettrica 363. maniera di porre i parafulmini *ivi.* filo di salute 364. per i vascelli *ivi.* per le polveriere *ivi.* preservativi naturali 365. morte causata dal fulmine *ivi.* circostanze de' fulmini 366. elettricità atmosferica *ivi.* l'aria inferiore non è conduttore elettrico 367.

Nota L'' sui venti *pag.* 368.

Rosa de' venti *ivi.* flusso e riflusso dell' atmosfera 369. varie proprietà de' venti *ivi.* loro cause 370. l'evaporazione *ivi.* il Samyel 371. suoi effetti *ivi.* qualità naturali de' venti 372. lo scirocco 373.

Tavola delle Misure *pag.* 374.

Lineari antiche *ivi.* moderne 375. itinerarie antiche 376. moderne 377. superficiali diverse 378. fiorentine moderne 379. monete e pesi antichi 380. pesi moderni 382. misure cubiche per i liquidi antiche 384. moderne 385. antiche per gli aridi 386. moderne 387.

INDICE GENERALE

DELLE

M A T E R I E.

I Numeri Romani indicano il Tomo, e i Numeri
Arabi la Pagina.

A

ASSASSAMENTO de' fluidi ne' tubi
capillari, II. 53.

Aberrazione, III. 9—10. di sferi-
cità, 97.

Accademici Fiorentini, II. 78—
220—223.

**Accelerazione de' corpi per un pia-
no verticale**, I. 15. e inclinato,
90. paragone di queste accelera-
zioni, ibid.

Acciarino fosforico, II. 274.

Aceto, II. 348.

Acido, I. 4. e II. 210—282. sua
proprietà, ib. natura, 282. car-
bonico, 283. modo d'averlo, 284.
sue proprietà, 285. suo rapporto
con l'aria, ib. suoi usi, 291. na-
tura, 293. elementi, 296. solfo-
rico, 298. modo d'averlo, ib.
caratteri, 299. rapporti con l'os-
sigeno, 300. nitrico, 304. rap-
porto con l'acqua stillata, ib.
proprietà, ib. gravità specifica
e suoi usi, ib. natura, 305. ni-
troso, 313. proprietà, 314. modo
d'averlo, ib. muriatico o mari-
no, 315. fluorico, 324.

Acqua, I. 4. vaso in essa, 8. in un
vaso in moto, 24. sua forza, 61.
utilità per le macchine, 62. suo
peso del pol. cub. e cilind. 117.

peso del pol. cub. e cilind. 118.
pie. cub. d'acqua marina, ib.
nelle conserva, 149. acqua agor-
gante da vasi pieni, 150. ec. da
vasi non pieni, 153. ec. zampil-
lante, 158—333—334. considerata
come forza motrice, 335. suo ef-
fetto dinamico, ib. determinato
da' fontanieri, 336. sua velocità,
ib. veicolo del suono, II. 177.
solida, 219. liquida, 223. sua in-
compressibilità, ib. bollente per
farne il ghiaccio, 225. discioglie
l'aria, ib. presto si scalda, 228.
non è alterata dalla luce, 229.
sue combinazioni, ib. non è mai
pura, ib. qualità buone e cattive,
230. stillata, ib. in vapore,
239. sua natura 244. suoi ele-
menti, 245. aerea, 289. mine-
rale, 290. forte, 306. di calce,
367. potabile, 438. di Firenze,
ib. modo di mantenerla, 439. di
render salubre la corrotta, ib.
di mare, ib. ale che se ne trae,
ib. ingredienti, 442. minerale,
ib. ingredienti, 441. medicinale
fredda, 443. ingredienti, 443.
acidula, ib. e 293. sue proprie-
tà, 444. medicinale calda, 446.
sulfurea, 447.

- Acquedotti, I. 198.
 Adams, II. 172.
 Aderione, II. 48 nel vuoto, 49.
 Aeroliti, I. 181. III. 323. loro formazione, 329.
 Aerostata, I. 131—327. II. 261. elementi necessari, 440—451. tavola per essi, 483.
 Afelio, I. 173.
 Affinità, II. 27. suo rapporto nelle varie sostanze, 32.
 Agata, II. 120.
 Ago magnetico, III. 250. sua forza direttrice, 268.
 Ale per l'uomo, II. 448.
 A'lembert, I. 113—162. II. 162. III. 94—333—369—371.
 Alcali, II. 210—349. fisso minerale, 355.
 Alcool, I. 4. misto con l'acqua, 9. II. 346.
 Aldini, III. 214.
 Allume, II. 353.
 Allumina, II. 88. proprietà, 371. azione sull'acqua, 372. sua affinità, 373.
 Alluminium, II. 373.
 Aloue, III. 307. artificiale, ib. lunare, 308.
 Altezza dovuta ad una velocità, I. 16 e II. 388. barometrica, I. 141. e II. 426. dell'acqua nelle conserve, 149. e 330. de' diversi luoghi, II. 146. dell'atmosfera, 151. dei gas in essa, 261.
 Alzaja, I. 25.
 Amaca, III. 312.
 Ambra gialla, III. 142.
 Amburgo, esperienze sui gravi, I. 237.
 Amici, III. 97—105.
 Ammoniacca, II. 356. proprietà, 357. rapporto con l'aria, ib. natura, 358. decomposizione, 359.
 Ammonium, II. 360.
 Amontons, I. 63—65—107—109—181—284—294—300—302—304. II. 73—79—84.
 Ampiezza d'un astro, I. 204. della parabola, II. 26. del tiro de' cannoni, 306.
 Anello di Saturno, I. 193—371. anelli coloriti, III. 121.
 Anemometro, III. 275.
 Angole d'incidenza e di riflessione

na, I. 50. d'elevazione de' pezzi d'artiglieria, II. 404. ottico, III. 20 di refrazione, 57. rifrangente del prisma, 360.

- Anguilla del Surinam, III. 214.
 Anima del cannone, I. 272.
 Animali caldi, II. 335.
 Annaffiatojo magico, II. 139.
 Anno sidereo o tropico, I. 188. magno, 217. solare, 341. bisestile, ibid.
 Apogeo, I. 173. della Luna 253.
 Apoplessia, III. 217.
 Apparenze celesti, I. 234.
 Appoggio, I. 61.
 Apsidi, I. 173.
 Arco animale, III. 224. eccitatore, 225. arco-baleno solare, 296. artificiale, 301. lunare, 303. marino, 304. terrestre, ib.
 Archimede, I. 9—67—77—143—264—313. III. 48.
 Archibuso pneumatico, I. 21. II. 160.
 Area proporzionali a' tempi, I. 56—173—249.
 Areometro, I. 139. di Fahrenheit, 140. principio su cui si fonda, 141. di Parcieux 142.
 Argano, I. 88. suo uso ib. lunghezza delle sue manovelle, 89. con puleggia, 288.
 Argento dorato, I. 5. sua gravità specifica, 135. sua bontà, 322.
 Argilla, II. 371.
 Argomenti d'equazione della Luna, I. 180.
 Aria, sua impressione, I. 7. II. 140—151. resistenza, ib. compressibilità, ib. forza, 61. gravità specifica, 135. è un mezzo resistente, 163. compressa, II. 107—134. suo peso, 136. gravità specifica, 137. pressione, 138. per ogni verso, 139. elasticità, 159. sua legge, 160. condensata, 162. densità, 165. veicolo del suono, 176. proprietà chimiche, 193. natura, 194. elementi, 195—200. purità, 215. modo di toglierla dall'acqua, 225. discioglie l'acqua, ib. in ragion della temperatura, 226. e della compressione, 227. sua elasticità aumentata, 234. infiammabile, 259. da

Ariete idraulico, II. 157.
Aristotele, II. 2. III. 323.

genetica, 251—264.

Armi a fuoco, 1. 31.

Armonica chimica, II. 264.

Arno, l. 332.

Ascensione retta de' pianeti , I. 188.
de' fluidi , II. 137.

Asse, nella ruota, I. 60—86. a tamburo scavato, 87. del monde, 173. terrestre, sua nutazione, 258. dell' eclittica, oscilla per poco, 345. ottico, III. 26.

Aste ritrometriche, l. 337.

Asteroidi, 1. 177. loro luce, III.
341.

Astri, lor parallasse, I. 205. modo
d'averne la distanza, 206. lor
altezze apparenti, ib.

Atmosfera, solare, I. 175. lunare, 181. terrestre, II. 151. e III. 356. sue maree, II. 146. peso, 152. suoi limiti, 165. sua temperatura, 168. sua costituzione naturale, 194. elettrica, III. 219. peso, 152.

Athwood, I. 17—129.

Attrazione, I. 171. sue leggi, 228.
massima e minima, 232. moleco-
lare, 233. della luna sulle acque,
259. de'corpi terrestri, 359. chi-
mica, II. 27. semplice 28. elet-

tiva, 29. complessa, ib. diver-
lente e quiescente, ib. loro sche-
ma, 31. massima e minima, 32.
sue leggi, 37. principi, 39. delle
sfere, 41. ec. apparente, 57. ec.
Attrazioni e repulsioni, II. 57.

Altro, 1. 27. di prima e seconda specie, 102. sue leggi, 103. dei corpi omogenei e eterogenei, 105. modo di scemarli, 106. de' perni, ib. regola generale, 109. degli orifizi, 156. degli spilli d'acqua, 159. fra i legni, e fra metalli e legni, 284—296. assoluto e relativo, 285. massimo o minimo, 289. suo angolo, 281. nelle pulegge, 292. nelle taglie, 293. dei cilindri, 299. per i canapi di marina, 305.

Aumento de' corpi al caldo, II. 72.
Anna, I. 15.

Aurora *matutina*, 1. 315. *boreale*, III. 313 — 356. *veduta da noi*, 314. *spiegazione*, 315. *circostanze che l'accompagnano*, 318. *non nascono dall'elettricismo*, 321.

Avanzini , l. 162.

Avorio, sua gravità specifica, L
129.

**Azione permanente giornaliera d'un
uomo, l. 273. effetto massimo,
275.**

Azimuth, I. 205.

**Azoto, 11. 211. proprietà, 212. suo
assorbimento, 215.**

BAILY, J. 345.

Ballistica, II. 25.

Balbi, Il. 145.

Baleno galvanico. III. 226. fulmi-
neo. 308

Barba, III. 104.

Barker, III. 104.

Barletti, III. 160.

Barite, II. 361. elementi, 36a.

Barium, Il. 362.

Barometro, 11. 141. suoi usi, 142. scala, 143. tubo 144. mercurio per costruirlo, ib. sue indicazioni, 145. per l'altezza de' monti, 146. sue variazioni, 220.

Batteria elettrica, III. 152.

Battiloro , I. 5.

Battuta, I. 306.

Beccaria, I. 181. III. 150—184—
210.

Beddoes, II 267.

Belidor, I. 161—276—304—322—
330. II. 406.

Benzemberg, II. 237.

Bergmann, H. 65-274-439-440.
Hl. 130.

Bexillo, Il. 375.

Bernoulli, I. 65—162—275—309—
310. II. 19—124—168—182.

Berta, suo effetto, I. 276. sua ve-
lata, 277. III. 360.

Berthelot, H. 455. III. 16.

- Berthoud; I. 360. II. 14—15—21—419—421.
 Berthollet, II. 32—200—212—237—274—333—358—435—439. III. 124.
 Berzelius, II. 371. III. 241.
 Besancourt, II. 242.
 Bezout, I. 276.
 Bianchini, III. 90.
 Bianconi, I. 182.
 Bicchierai, II. 441.
 Bicchiere nell'acqua, I. 8.
 Bilancia, I. 79. sue doti, 80. falsa, 81. idrostatica, 127. elettrica, III. 156.
 Bilanciere, II. 392.
 Biliardo, I. 24—53.
 Biot, I. 359. II. 149—182—254—426. III. 189.
 Black, II. 95—259—440.
 Blanchard, II. 448.
 Blenda, III. 133.
 Boccia di Leida, III. 152—195.
 Bode, II. 178.
 Boheraave, II. 348.
 Bombe, II. 404.
 Bonati, II. 337.
 Bonnet, II. 340.
 Borace, II. 379.
 Borda, I. 65—162. II. 404—419.
 Borelli, II. 448—452.
 Boro, II. 457.
 Boscovich, II. 409. III. 369.
 Bossut, I. 104—151—157—162—169. II. 311—331—333—335.
 Bottiglie disinfettanti, II. 436.
 Bouguer, I. 175—181—353—358—360. II. 23—24—341. III. 266—334—336—337—338.
 Bournon, III. 180—328.
 Boyle, I. 4. II. 166—339.
 Braccio, cubo di varie sostanze, I. 321. fiorentino, II. 64.
 Brander, I. 145.
 Brina, III. 292—294.
 Brisson, I. 120—271. II. 137—223. III. 94—333.
 Brignatelli, II. 259—290. III. 185.
 Brunacci, II. 337. III. 158.
 Buat, II. 333.
 Bucoli, II. 300.
 Buffon, I. 242—345—369. II. 261—419. III. 48—341.
 Burbera, I. 88—292.
 Burnet, I. 345—369.
 Buzzi, II. 266.

C

- Cagnoli, I. 174—345.
 Caille, I. 96—340—341. II. 182.
 Calamita, I. 25 naturale III. 246.
 suo asse, 248. sua attrazione per il ferro, ib. declinazione, 249. variazion diurna. 250. inclinazione, 251. armatura, ib. sua efficacia, 252. alle varie latitudini, 253. artificiale, 254. la migliore, 255. modo di conservare la virtù magnetica, 256. rotta, 264. di La-Hire, 266.
 Calce, II. 365. gravità specifica, 366. viva, ib. suo latte, 367. acqua, ib.
 Calceae, I. 205.
 Calcium, II. 368.
 Calendario, I. 340. gregoriano, 341. sua correzione, ib. stile nuovo e vecchio, 342.
 Caldo, II. 368.
 Calibro, I. 37—271.
 Calore animale, II. 335. sua causa; 336. febbrile, 337.
 Calore atmosferico, I. 352. centrale, ib. e II. 81.—194. solare, I. 356. annuo, ib. diurno, ib. massimo 357 e II. 81. specifico, 91. sua intensità, 232. mezzi per svilupparlo, 422. il grado di calore, 423.
 Calorico, I. 4. scacciato dai fluidi mescolati, 9. forza del calorico, 61. sua proprietà, 74. combinato e interposto, 75. suo equilibrio, ib. e 423., suoi conduttori, 76. applicazione alle arti, 77. capacità de' corpi, 90. assorbito, 95. raggiante, ib. calorico e luce, 98. sua influenza sulla formazione de' corpi, 107.
 Calorimetro, II. 94.
 Campana del palombari, I. 8. II. 141.

- Campani, III. gr.
 Camus, I. 104.
 Candela filosofica, II. 259.
 Canapi, I. 304—455.
 Cannone, I. 37—271. suo calibro, ib. suo rinculo, 272. sua anima, ib. massimo tiro, II. 336. inclinazione, ib. elevazione, 404.
 Cantinflora, II. 139.
 Capacità de' corpi per il calorico, II. 90. variabile, 91. permanente, 92. come averla, 93.
 Capre saltanti, III. 323.
 Carbonato calcario, I. 6.
 Carica ordinaria della polvere, I. 272.
 Cariddi, I. 241.
 Carillon, III. 160—192.
 Carrozza, I. 24—50—55. sue ruote, 85. regola per esse, 86.
 Carrucole, V. Pulegge.
 Cartesio, III. 6.
 Castelli, II. 157.
 Cassini, I. 261—341—346. II. 150—182. III. 8—90.
 Catenaria, I. 280.
 Caterette, I. 204.
 Cavalieri de' condotti, I. 309.
 Cavallo (Tiberio), III. 147—219.
 Cavallo, sua forza, I. 277.
 Caverne sotterranee, I. 241.
 Cavendish, I. 359—361. II. 214—259—311. III. 158.
 Celerità. V. Velocità.
 Centro di figura, I. 67. di gravità, 68. modo di trovarlo, 68. nell'uomo, 69. in varj corpi, 70. nella bilancia, 80. di moto o di sospensione, II. 11—17. di percossa, 394.
 Cerere, I. 177. sue diametro, 352.
 Cesare, I. 341.
 Cesaria, I. 346.
 Chappe, II. 150.
 Chaptal, II. 298—355.
 Charles, II. 327. III. 74.
 Chaulnes, II. 289.
 Chazelles, II. 150.
 Chiarezza del giorno, III. 341—344.
 Chimica, I. 1.
 Chimborazo, II. 140.
 Chiminello, II. 146. III. 220.
 Chladni, II. 175—177. III. 329.
 Cocchi, II. 441.
 Coerenza assoluta, I. 407. sue leggi, 408. rispettiva, 410. sue leggi, 411.
 Coesione, I. 310. II. 28—49—407.
 Ciccolini, I. 262.
 Cielo lunare, I. 180—342.
 Cielo, suo colore azzurro, III. 112.
 Cigna, II. 331.
 Circolazione del sangue, II. 331.
 Clairaut, II. 22—54.
 Clepsidre, I. 158.
 Clorino, II. 321. sentimento di Davy, 457.
 Colofonio, III. 166.
 Colonna da alzarsi, I. 298.
 Colori distrutti, II. 319. lor mescolanza, III. 118. risultanti, 119. de' corpi naturali, 120. considerati chimicamente, 120. primitivi. 360. loro analogia co' tuoni musicali, ib.
 Combinazione, II. 29—33. chimica, 423.
 Combustione, II. 325. produce il calorico, 423.
 Combustibili, II. 329.
 Combustibilità, II. 329.
 Comete, I. 219. lor durata, 221. lor chioma ec., 1. elementi, 339. fenomeni, 340.
 Composizione delle forze, I. 42.
 Compressibilità, II. 122.
 Compressione, II. 161. sua legge, 163. fontana, 171.
 Comunicatore galvanico. III. 225.
 Condamine, I. 16. II. 22—419.
 Condensatore a vapore, II. 242.
 elettrico, III. 150—200.
 Condotti, I. 122—329. forza de' fluidi contro di essi, ib. loro grossezza, ib.
 Conduttore del calorico, II. 76—102. elettrico, III. 150. magnetico, 252.
 Conduttricità, II. 104.
 Conflagliacchi, II. 212. III. 232.
 Confricatore, III. 149.
 Congelazione, I. 353. II. 318.
 Congiunzione de' pianeti, I. 190.
 Conservazione delle forze, I. 270.
 Conselve, I. 149. rapporto fra la loro altezza e velocità dell'acqua, ib.
 Contatti magnetici, III. 255.
 Contraccolpo elettrico, III. 192.

Contrazione della vena fluida, I. 33.
muscolare, III. 225.

Cook, I. 368.

Copernico, I. 338.

Corde, I. 27—60. loro rigidezza,
107—302. regola generale, 109.
errore nel torcerle, 110. lor di-
rezione, 279. attrito, 300. ed.
vibranti, II. 180.

Cornetto acustico, II. 154.

Corona di Jerone, I. 313. di tette,
III. 228. o alone, 307.

Corpi, I. 2. in moto, 72. duri,
mollì e elastici, 27. striscianti,
68 omogenei e eterogenei, 124.
più densi e più rari, ib. celesti,
171. opachi, 172 nella luna, 231.
lor densità e volumi, 239. lor
peso ne' pianeti, 240. lor forma-
zione, II. 46. aumentano al ca-
lorico, 72. si restringono al fro-
do, 73. capacità per il calorico,
90. resi liquidi, 168. assorbenti
il calorico 110 loro tre stati, 114.
sonori, 173. gravi cadenti, 22—

388. calidi e frigidi, 422. traspa-
renti, III. 122. lor composizio-
ne, 134.

Correzione giuliana, I. 341. gre-
goriana, ib.

Costellazioni, I. 187—224.

Cotes, II. 165.

Coulomb, I. 65—104—106—108—
165—167—174—175—176—283—
284—299—300—303—304—305.
II. 448.

Cramer, II. 182. III. 156—157—
189—202—253—255—260—268.

Crawford, II. 93—332—335—336.

Crepuscolo, I. 216. III. 356.

Cristalli, loro struttura, II. 69.

Cristallizzazione, II. 64. teoria, 65.

Croix, I. 367.

Cruikshank, III. 228.

Cumming, II. 119.

Cunei, I. 60. ascendenti, 69. semi-
plici, 91. composti, ib. loro leg-
gi, ib. con la spaccatura antecede-
nte, 93.

Curculione odontalgico, II. 266.

D

Dalton, II. 74—235—236—237—
318.

Davy, II. 200—203—211—268—
283—208—353—359—365—370—
435—457. III. 185—240—241.

Decametro, decimetro ec., I. 11.

Declinazione degli astri, I. 201.
della calamita, III. 249. in Pa-
rigi, 250. spiegazione, 265.

Decomposizion delle forze, I. 42.
dell'aria, II. 198. della sostanza
zuccherina dell'uva, 346. dell'
acqua per mezzo del galvanismo,
III. 239.

Decrementi, II. 66. ec.

Dedivinis, III. 90.

Dedominis, III. 301.

Densità, I. 11—123—124. sue leg-
gi, 125. de' pianeti, 239. elet-
trica, III. 204—208. galvanica,
237.

Derham, II. 20—184—419.

Desaguliers, I. 16—55—63—104—
107—109—162—164—165—276—
300—302. II. 382—391.

Dessaignes, III. 133.

Deviazione della verticalità, I. 366.

Diavoli di Cartesio, I. 132.

Diamanti, II. 285.

Diametro del Sole, I. 175—361. de'
Pianeti, 175 ec. e 361.

Diffrazione, III. 76. decompone la
luce, 77. sua causa, 78.

Digestione, II. 334.

Digestore, II. 240.

Dilatazione dell'acciajo e ottone,
II. 14. de' corpi, 72—73. sue ta-
vole, 88. dei gas 235. sua for-
mula, 236. de' metalli, 419.

Dinamometro, I. 65—273.

Dispato, I. 98.

Dissoluzione de' corpi, II. 33.

Dissolventi, ib.

Distanze medie de' Pianeti, I. 174.
e de' satelliti, 182. modo d'aver-
le, 239. della luna, 250.

Distillazione, II. 298.

Divisibilità, I. 3. del muschio, 4.
del rame, ib. del fosforo, 5. della
luce, e dell'oro, ib. della ma-
teria in generale, 6.

Dollond, III. 94—100.

Draghi volanti, III. 323.
 Drebbel, II. 78.
 Dufay, II. 145. III. 146—293.

Duhamel, I. 116.
 Duomo di Firenze, I. 16.

E

Ebullizione, II. 228.
Eccentricità, I. 172—263. della luna, 253.
Eccitatore, III. 152.
Eclisse lunare, I. 197. solare, 198. delle stelle, 199.
Elittica, I. 173. sua obliquità, 345.
Eco, II. 184.
Elasticità, I. 264. II. 123. aumentata dal calorico, 74. modo di renderla, 124. sue qualità, 125. modo d' aumentarla, 127. de' fluidi aeriformi, 129. del calorico, 130. dell'aria, 159. dei gas, 164.
Elatario, I. 33. delle molle, 37. della polvere, ib. delle palle, 53.
Elettricità, III. 142. positiva e negativa, 146. per comunicazione, 148. modo di conoscerne la specie, 154. suo indebolimento, 156. attrazioni e repulsioni, 159. velocità, 164. accelera l'evaporazione, 169. usi medici, ib. per contatto, 170. sua azione su' metalli, 179. analogia con la luce, ib. sviluppata dal calore, 180. teoria, 183. ipotesi di due fluidi, 189. sua distribuzione, 208. ec. sua natura, 212. animale, 214. atmosferica, 217. periodica, 219. galvanica, 221. identica all' elettrica, 232. sua azione sull'acqua, 241. effetti medici, 244. massima negli oragani, 281. produce il calorico, II. 423.
Elettroforo, III. 150—202.
Elettrometro, III. 153.
Elevazione de' fluidi ne' tubi capillari, II. 51. del cannone, 396.
Eliostata, III. 139.
Elongazione, I. 189.
Ellicot, II. 14.
Ellisse, I. 172.
Emanazion della luce, III. 6.
Emboli, II. 157.
Emery, I. 360.
Emisferj di Magdeburgo, II. 139.
Emission della luce, III. 7.
Eolipila, II. 244.
Epatta, I. 342.
Epino, III. 150—184—254.
Equatore celeste, I. 201.
Equazione parabolica della caduta de' corpi, I. 15. lunare, 188. del tempo, 211.
Equilibrio, I. 27. modo d' averlo, 67. come si passa al moto, 95—101. de' corpi galleggianti, 124.
Equinozj, I. 211—219—236. lor precessione, 217—230—257.
Eratostene, I. 345.
Erone, II. 171.
Estensione, I. 3.
Esto marino, I. 262.
Etere, II. 112.
Etesj, III. 272.
Evaporazione, I. 353. II. 28—226—233. del Mediterraneo, 437. comune, 438. accelerata dall' elettricismo, III. 169.
Eudiometro, II. 265—309—435.
Eulero, I. 67—113—162—165—345. II. 182—400. III. 11—94—341.
Evaporizzazione, II. 28—226.

F

FABRONI, II. 347.
Fantasmagoria, III. 106.
Fahrenheit, II. 80.
Fasi di Venere, I. 190. della Luna, 262.
Febbri delle carceri, II. 213.
Fegato di zolfo, II. 352.
Fenomeno, I. 2.
Fermentazione, II. 345. vinosa, ib. putrida, 347. acetosa, ib.

Ferro, I. 25.
Figura de' corpi, I. 6. sue leggi, ib. de' cristalli, ib. apparenta degli oggetti, III. 22. della Terra, I. 366. de' pianeti, 241.
Filo a piombo, I. 230—359.
Filo di salute, III. 363.
Fischer, I. 327. II. 407. III. 62—334.
Fisica, I. 1.
Fisse, I. 359.
Fiumi, loro scaturigine, I. 148. sotterranei, 241. loro portata 332.
Flaugergues, I. 338. II. 225. III. 76.
Flogogeno, II. 259.
Fluato calcario, I. 6.
Fluidi, I. 2. misti, 9. loro forza, 61. gravitano come i solidi, 111. premono per ogni verso, 112. equilibrio, 113. leggi di lor pressione, 114. modo d'averla, 117. premono il fondo e le pareti dei vasi, 118. paragone fra queste due pressioni, 119. pressione totale, ib. ne' tubi comunicanti, 121. loro forza contro i condotti, 309. che sgorgano da un orifizio, 329. aeriformi, che escon da un vaso, 145. lor velocità, 146. teorema fondamentale, 148. II. 108. varj, 114. loro sonorità, 176. componenti l'atmosfera, 195. fluido elastico della polvere, I. 272. luminoso. *V.* Luce, elettrico. *V.* Eletticismo.
Fluidità primitiva de' Pianeti, I. 241.
Flusso e riflusso marino, I. 258. elettrico, III. 220. atmosferico, ib. 369.
Foco, II. 74. fatuo, II. 270—455. immaginario degli specchi, III. 33. delle lenti, 73. reale 350. artificiale, I. 56. animale, 62.
P. Fontana, I. 160—311—354—356—357. II. 207—216—268—309—410—433. III. 189—338.
Fontane, I. 158. intermittenti, 139—159. di compressione, II. 171. d'Erone, 172. ardenti, 270.
Formazione de' corpi, II. 46—107. dei fluidi aeriformi, 108.
Forme de' cristalli, II. 66.
Formule per le velocità uniformi, I. 13. per le altezze ec., 14. per

le velocità acquistate, 16. per le forze ec. 20. per l'urto de' corpi non elastici, 32—264. degli elastici, 38—266. per le risultanti, 48. per la velocità dopo l'urto, 54. per le forze centrali, 60—183. per i centri di gravità, 72. per la leva, 77. per le macchine, 96. per le corde, 109—303. per le densità ec., 125. per i corpi immersi, 127. per il loro equilibrio, 124. per lo strumento di Nickolson, 138. per le mescolanze, 143. per la caduta de' fluidi, 148. per i getti d'acqua, 162. per le distanze de' pianeti, 178. per le forze di gravità, 232—238. per la forza umana, 274. degli attriti, 286. delle corde, 303. per le gravità specifiche, 323—327. per le portate d'acqua, 330. per le reali, 335. con un tubo addizionale, ib. per l'effetto dinamico dell'acqua, 336. dell'obliquità dell'eclittica, 345. del peso, II. 2. per i piani inclinati, 4. della gravità relativa e assoluta, ib. per i pendoli, 13. dei centri d'oscillazione, 19. dell'altezza de' monti, 149—426. della rarefazione dell'aria, 171. delle corde vibranti, 190. delle dilatazioni de' gas, 236. della gravità, 286. de' centri di percossa, 394. delle tenacità, 408. dell'elevazione de' fluidi ne' tubi capillari, 418. della dilatazione de' metalli, 421. de' palloni volanti, 449. dell'intensità della luce, III. 15. degli specchi convessi, 40. concavi, 43. de' raggi delle superficie di crown-glas, e fint-glas, 96. della visione distinta, 344.
Foronomisti, I. 386.
Forza, I. 4. 20. qualunque, 17. sue leggi 20. morta e viva, 21. impulsiva e attrattiva, 25. ripulsiva, 26. elastica, ib. centrifuga e centripeta, 27—54—58—59. proiettile, ib. centrale, 54—57. umana e animale. 61. de' fluidi, ib. dell'acqua, 62. composta e decomposta, 42. modo di rappresentarla. 43. sistema per le parallele, 44. per le oblique, 47.

perturbatrice, 245. assoluta, 246.
 tangenziale, 247. radiale, 248.
 disturbatrice, 254. ascensionale,
 270. umana, 273. del cavallo,
 277. dell'asino, ib. di coesione,
 280. motrice dell'acqua, 336.
 coernitrice, III. 260
 Fosforescenza, III. 132. fenomeni,
 133 spontanea, 134.
 Fossoro, I. 5. II. 209. ana combu-
 stione, 210.
 Fossombronio, III. 341.
 Fotometra, III. 119.

Fourcroy, II. 33—212—283—453.
 Franklin, II. 177. III. 146—183—
 218—309.
 Freddo, I. 353—354. massimo, 357.
 II. 168. mezzi per prodarlo, 422.
 sue cause, 423. straordinario,
 425. artificiale, ib.
 Fugile pneumatico, II. 160.
 Fulmine, III. 309. modo di difen-
 dersene, 311.
 Fumo dell'acqua, II. 249.
 Funi. V. Corde.

G

Gabinetti parlanti, II. 434.
 Gagata, III. 143.
 Galileo, I. 13—117—176—338. II.
 8—19—134—382—407.
 Galvani, III. 214—221—222—227.
 Galvanismo. V. Eletticità.
 Garzerio, I. 327. II. 200.
 Gas, II. 164. loro elasticità, 165.
 veicolo del suono, 177. ossigeno,
 201. nitrogeno 211. idrogeno,
 259. loro altezza nell'atmosfera,
 261. epatico o idrogeno fosfora-
 to, 274. ossido di carbonio, 278.
 olio facente, 280. acido solforoso,
 302. modo di ottenerlo, ib. pro-
 prietà e usi, 303. nitroso, 305.
 proprietà, 306. combinazione con
 l'aria, 308. elementi, 309. acido
 muriatico, 315. proprietà, 316.
 elementi, 317. ossigenato, ib.
 proprietà, 318. rapporto con l'
 aria, 321. sovrossigenato, ibid.
 proprietà, 322. fluorico, ib. am-
 moniacale, 358.
 Gauss, I. 238—330.
 Gay-Lussac, I. 328. II. 57—73—
 74—200—318—353—435—448—
 456. III. 259.
 Le Gendre, I. 339.
 Gengembre, II. 268—275.
 Gerbi, II. 266.
 Getti d'acqua, I. 158—161.
 Ghiaccio, II. 218. sua formazione,
 219. gravità specifica, 220. pro-
 prietà, 222. formato con l'acqua
 bollente, 225.
 Giorno, I. 210.
 Giove, I. 178. suo equatore, ib.

suo diametro, 240. sua luce,
 III. 341.
 Giovane, III. 219.
 Girard, II. 173.
 Giunone, I. 177.
 Globi di fuoco, III. 313.
 Glucina, II. 375.
 Glucisium, III. 376.
 Gnómone, I. 346.
 Golfolina, I. 232.
 Gomma elastica. III. 171.
 Goreio, III. 307.
 Gosse, II. 289.
 Gotta serena, III. 79.
 Grado antico e moderno, I. 244.
 di calore, II. 413.
 Graham, II. 13—22.
 Grammo, I. 64.
 Grandesse de' pianeti, I. 361. de-
 gli oggetti, III. 19—20.
 Grandine, III. 289. sua formazio-
 ne, ib. suoi effetti, 290.
 La-Grange, I. 341. II. 182. III.
 331.
 Granito orientale, I. 298.
 S'Gravesande, I. 136. II. 380. III.
 333.
 Gravi cadenti, I. 16.
 Gravità. I. 4—171—232. diversa
 dall'inertia, 23. causa della ca-
 duta de' corpi, 24. suo centro,
 28. de' fluidi ne' fluidi, 111. spe-
 cifica, 123—34. sue leggi, 125.
 modo di determinarla, 134. per
 i fluidi, 141. per i gas, 142.
 nella luna, 232. sotto alla super-
 ficie terrestre, 233. intensità,
 240. specifiche, 315. delle so-

stanze metalliche, *ib.* de' corpi
ne' pianeti, 363. sue leggi. II
1—3—384. sue direzioni paral-
lele, 3 minore all'equatore. 22
specifiche delle dissoluzioni chi-
miche, 34—383 per i gravi den-
tro alla Terra, 386

Gravitazione. V. Attrazione.

Gray, III. 101.

Gregorio XIII. I. 341.

Gres, II. 370.

Grey, III. 160.

P. Grimaldi, I. 16.

Grimaldi, macchia lunare, III.
338.

Grotta del Cane, II. 286.

Grua, I. 101.

Guadagni, II. 437.

Guazza, III. 294

Guglielmini, II. 237.

Guyton, II. 248—262—364—436.

H

Hachette, I. 277. II. 158.

Hales, I. 354. II. 334.

Halley, I. 340—352—354. II. 141—
151—166—333—391—437. III. 8.

Hamilton, II. 332.

Harding, I. 177.

Hassensfratz, I. 175.

Häusabde, I. 164—65. II. 57—73.

Hany, II. 37—63—65. III. 116—
189.

Heberden, II. 425.

Hell, I. 361.

Herschell, I. 174—181—362. III.
97—99—100—114.

Hesperus, I. 176.

La-Hire, I. 62—174—180—277. II.
151. III. 75—265—338.

Hisinger, III. 241.

Hjalmsstrom, I. 175.

Homborg, II. 117.

Hook, II. 119. III. 344.

Hotward, III. 326—333.

Huber, III. 341.

Humboldt, I. 367. II. 200—213—
435. III. 225. 253.

Hunter, III. 214.

Hutton, II. 272—405.

Huygens, I. 16—60—172—164. II.
20—21—166—220—391. III. 91—
103—138—334.

I

Jacquier, II. 182—391—409.

Jetet, o gagata, III. 143.

Jallabert, III. 169.

Idrologia toscana, II. 442.

Idrofane, II. 120. III. 130.

Idrogeno, II. 211—259. modo d'a-
verlo, 260. sua azion sull'ossi-
geno, 264. fosforato, 268—454.
assorbito dall'acqua, 273. nocivo,
274. solforato, *ib.* 454. modo per
averlo, 275. carbonato, 276. mo-
do d'averlo, 277. ossi-carburato,
278. impuro, 454.

Idrosolfuri, II. 275.

Jerone, I. 313.

Igrometria, II. 230.

Igrometri, II. 231.

Imbuto, I. 8 magico, II. 139.

Immersione e emersione de' Pianeti
I. 200.

Impenetrabilità de' solidi, I. 6. de'

Tom. III.

liquidi, 7. de' gas, *ib.* della lu-
ce, 8.

Impulsione, II. 24.

Inclinazione del sole, I. 174. de'
pianeti, 175. ec. della luna, 256
—363. del cannone, II. 396. del-
la calamita, III. 251.

Ineguaglianze della luna, I. 244.

Indebolimento della luce, III. 12.

Inerzia, I. 10. indipendente dall'
aria, 23. diversa dalla gravità,
ib. de' solidi, 26. de' fluidi, 110
—171—380.

Ingen-housz, I. 272. II. 76—77—
215—341.

Inspirazione, II. 333.

Intensità della luce. calorico ec. I.
232. della gravità, 240.

Intercalazione, I. 341.

Jodino, II. 456.

Ipomoeo. V. Punto d'appoggio.
26 bis

Iride, III. 296. suoi colori, 299.
 suoi raggi efficaci, 302.
 Irradiazione, I. 181.
 Isacronismo, II. 11—19.
 Isolatore, III. 145.
 Isole natanti, I. 133.

Italia, suo clima, I. 354.
 Itria, II. 377.
 Juan, I. 162.
 Jurin, II. 57.
 Isarn, III. 322.

K

Kant, III. 326.
 Keill, II. 38.
 Kendall, II. 22.
 Keplero, I. 59—361.
 Kirwan, I. 352—354—357. II. 29—
 203—364. III. 106.

Klaproth, II. 29—300. III. 334.
 Klingestierna, III. 94.
 Klugel, III. 94.
 Knight, III. 247.
 Kraaf, III. 275.
 Krafft, III. 274.

L

Lacrima batava, II. 136.
 Lagoni, II. 446.
 Lambert, I. 65—165—166. III. 334.
 De Lambre, I. 341—366.
 La Lande, I. 120—174—341—361.
 II. 23. III. 104—323—324.
 Lametherie, II. 201.
 Lampo galvanico, III. 226. fulmi-
 neo, 308.
 Landriani, II. 144—309—435.
 Lana, III. 448.
 Lane, II. 303.
 Lanterna magica, III. 106.
 Latitudine, I. 207—348.
 Latte di calce, II. 367.
 Lavoisier, II. 94—204—210—211—
 261—288—331—338—360—419.
 III. 217.
 Lega, I. 5—120. di metalli, 314.
 Letniz, I. 21—270.
 Lemaire, III. 100.
 Lenti, III. 71—351. lor proprietà,
 72. foco, 73—350. istorie, 117.
 del pendulo, II. 393. foco vir-
 tuale, 352. lunghezza focale, 354.
 Leroi, II. 216—234.
 Lesage, II. 124.
 Leslie, II. 225. III. 116—334.
 Leva, I. 60—73 legge d'equili-
 brio, 74. a forze normali obli-
 que, 76. curva, ib. suoi usi, 77.
 equilibrio in leve eterogenee, 78.
 sistema, 98. d'acqua, 117.
 Leuwenhoek, II. 119.
 Librazione della Luna, I. 203.

Libbra parig. e fior., I. 64.
 Lilio, I. 342.
 Limiti de' corpi, I. 6. dell'atmo-
 sfera, II. 165.
 Linea di direzione, I. 67. degli
 apsi e de' nodi, 173.
 Liquidi, I. 2. II. 111. loro mobi-
 lità, 7. peso in inverno e in esta-
 te, 144.
 Litro, I. 208.
 Livella, I. 305. a acqua, 122.
 Livellazione, I. 307.
 Livello, I. 121. de' recipienti co-
 municanti, 122. de' mari, ib. de'
 fluidi diversi, 123. vero e appa-
 rente, 305. sue correzioni, 306.
 fra Firenze e Livorno, ib.
 Lombard, I. 272. II. 403.
 Logaritmica, III. 340.
 Longitudine, I. 207—348.
 Lowitz, II. 439.
 Lorenzini, III. 214.
 Lorgna, II. 132.
 De-Luc, I. 352. II. 81—137—144
 —147—232. III. 167.
 Luce, I. 6. III. 1. sua impenetra-
 bilità, 8. divisibilità, 9. lunare
 riconcentrata, 181. cenerina, ib.
 sua intensità, 232. luce e calo-
 rico, II. 98. non altera l'acqua,
 II. 229. sua propagazione, III.
 4—309. sua azione, 6. sua ema-
 nazione, 8. tempo impiegato nel
 venir dal sole, 9. sue proprietà,
 10. sua intensità, 12—14. rifles.

sa, 36. sue leggi, 31. sue cagioni, 50. azion de' corpi sopra di essa, 53—62. refratta, 54—349. sue leggi, ib. sua causa, 55. decomposizione, 109. polarità, 139. sua natura ignota, 333. non è calorico, ib. intensità assoluta e relativa, 334. rapporto fra diverse specie di luce, 335. indebolimento negli specchj, ib. quantità riflessa, 337. lunare, 338. solare, ib. paragonata con la prima, 389. trasmessa per mezzi diafani, 340.

Lucifer, I. 176.

Lucrezio, II. 124.

Lumi, loro luce. III. 341. massima e minima, 342.

Luna, I. 77—179—244. suo ciclo, 180. sua rivoluzione siderica, ib.

sua luce, 181. e III. 338. monti e vulcani, ib. rivoluzion sinodica e tropica, 194. suoi ottanti, 195. peso dei corpi in essa, 231. gravitazione, 244. sua forza perturbatrice, 245. assoluta tangenziale e radiale, 246. leggi di moto nelle quadrature e sizigie, 249. sua lontananza, 251. tempi periodici, 252. suo apogeo, ib. eccentricità, 253. forza disturbatrice, 254. suoi passaggi, 256. nodi, ib. sua azione sul mare, 258. fasi, 262. attrazione sull'atmosfera, ib. sua distanza da noi nel perigeo, 263. elementi, 270. pasquale, 342.

Lunazioni periodiche, I. 180.

Lunghezza del canocchiale, III. 90.

Luyues, II. 144.

M

Macbride, II. 290.

Macchie, solari, I. 174. de' vestiti, II. 303.

Macchine, I. 20. equilibrio, 27. con molle, 37. semplici, 60. funicolari, ib. 278. motori per muoverle, ib. composte, 37—280. legge, ib. pratiche per leve e pulegge, 98. principio generale, 101. effetto delle pressioni, 103. regole per le funicolari, 297. pneumatica, II. 135. di compressione, 161. a vapore, 242. elastica, III. 149.

Macquer, II. 364.

Magellan, II. 145—289—309.

Magnesia, I. 363. gravità specifica, 364.

Magnum, II. 365.

Magnetismo, III. 251. modo di comunicarlo, 252—268. a doppio contatto, 255. modo di conservarlo, 256. naturale, 257. fenomeni, 260.

Mahon, III. 108.

Mairan, I. 352. II. 223. III. 315—322.

Malebranche, III. 52. •

Malctroom, I. 241.

Malpighi, II. 119.

Malus, III. 138—141.

Manganese, II. 202.

Manometro, II. 150.

Manovelle per l'argano, I. 89.

Mantice idrostatico, I. 117.

Maraldi, II. 150—182.

Marangoni, II. 141.

Marchand, I. 368.

Mare, suo fondo, I. 242. sua estensione, 367. comunicazione fra' mari, 268—368.

Marca, I. 258. massima e minima, 260. diurna, mensile ed annua, 262. dell'atmosfera, II. 146.

Mar degli umori, III. 338.

Mariotte, I. 28—41—151—160—161—309—329—331. II. 16—184. III. 274.

Marmitta, II. 240.

Marmo, peso del braccio cubo, II. 297.

Marsigli, II. 439.

Marte, I. 177. suo diametro, ib. sua luce, III. 341.

Mascagni, II. 447.

Maschelyne, I. 360—361. II. 158.

Massa, I. 10—124. de' pianeti, 239—362. di ferro nativo, III. 326.

Materia, sua estensione, I. 3. sua divisibilità, 6. impenetrabilità, ib. resistenza al tatto, 7. mobilità, 9.

- Maupertuis, II. 22—307.
 Mayer, I. 354. II. 77—182—341—344.
 Mazzucchelli, II. 157.
 Mechain, II. 366.
 Mediterraneo, sua evaporazione, II. 437. acqua portatavi da' fiumi, ib.
 Melanderhielm, II. 367.
 Mengotti, I. 335—336.
 Mercurio pianeta, I. 175. sua eccentricità ec. ib. di rado visibile, ib. sua luce, III. 341.
 Mercurio metallo per i barometri, II. 144. si alza disegualmente in varj tubi, 145. causa dell'innalzamento, 226.
 Meridiana, I. 346.
 Meridiano, I. 201.
 Mescolanze, I. 6. lor temperatura, 9. formula per esse, 143. non conservano i lor volumi, ib. refrigeranti, II. 425.
 Metalli, lor fusione, I. 9.
 Meteore, III. 271. aquee, 276. e II. 227. lucide, 296. ignee, 308.
 Metone, I. 181.
 Metonico e meteorologico periodo, II. 263.
 Metro, I. 11. II. 22.
 Meyer, II. 274.
 Mezzi liberi e diafani, III. 12.
 Michelotti, I. 151—162—337.
 Microscopio, I. 4—102. III. 101. composto, 103. solare, 105.
 Miglio sor. I. 362.
 Mimbray, III. 169.
 Mine, II. 271. polvere per esse, ib.
 Miopi, III. 83—359.
 Misure, I. 21. loro unità, ib.
 Mitchell, III. 254—338.
 Mobilità, I. 9.
 Moje, II. 439.
 Molecole; modo di separarle, I. 4. de' solidi dipendenti fra loro 111. de' fluidi indipendenti, ib. de' corpi, II. 46. integranti, 47—65. elementari, ib.
 Molle, I. 33—37.
 Mollet, II. 107.
 Momento statico, I. 63—276. meccanico, 70.
 Monnier, I. 345—346.
 Monospasti, I. 98.
 Monte-bianco, II. 140.
 Montgolfiere, II. 261—449.
 Montgolfier, I. 327. II. 448.
 Monti, di Venere, I. 176. lunari, 181. cavernosi, 241. più alti, 367. lor catene, 368. loro utilità, 369. loro altezza, II. 146. formula per averla, 149. metodo pratico, 150.
 Montucla, I. 162. III. 108.
 Moreau, II. 404.
 Moretti, II. 360—373.
 Morveau, II. 31—89.
 Moscati, II. 144.
 Moto, I. 10. assoluto e relativo, ib. misura del tempo 11. diurno della Terra, ib. uniforme, accelerato ec. 12. uniforme di più corpi, 13. ritardato. 19. di rotazione, 24. comunicato, 33. semplice e composto, 40. leggi, 41. lor dimostrazione, 42. curvilineo, 53. di traslazione della terra e di rotazione, 234. di vibrazione, II. 174.
 Malino a vento, III. 275.
 Muller, II. 182.
 Muriato di soda, I. 6.
 Muschio, I. 4.
 Musica, II. 187.
 Musschenbroek, I. 104—234—407. 409—419. II. 285—293.

N

- Nadir, I. 204.
 Nafsa, II. 354.
 Natura, I. 2.
 Nave, I. 10—24—50. ferita per ribalzo, 53. leva di secondo genere, 96. galleggia bene nel mare, 130. trovarne il peso, 131. modo di rialzarla dal mare, ib. di rame per il tragitto de' fiumi, ib. perchè galleggia, 133. spinta dal vento, 163.
 Nebulose, I. 225.
 Nelia, II. 164.
 Neret, II. 266.
 Nettunisti, I. 369.
 Neve, II. 227. III. 219—285. sua

- Figura, *ib.* sue proprietà, 286.
 suoi effetti, 287 quando si forma, 288
- Newton, I. 16—24—156—162—164—232—238—256—264—271—340—360 II. 25—37—180—181—182—382—385—400. III. 11—50—52—76—77—131—206.
- Nickolson, I. 138. II. 107.
- Niewentit, I. 117.
- Nitriere, II. 313.
- Nitrogeno, II. 211. fosferato, 216. solforato, 217.
- Nodi, I. 173. nodo ascendente e discendente, 196. loro legge, 256.
- Nollet, I. 223 II. 169.
- Nooth, II. 289.
- Numero aureo, I. 180—342.
- Nuoto, I. 133.
- Nutazione, I. 258.
- Nuvole e nebbie, II. 227. III. 283. loro spiegazione, 284—94. loro elettricità, *ib.* trasportate in senso contrario al vento, III. 369.
- Obiettivo, III. 86. sua costruzione, 87—91.
- Obliquità dell'eclittica, I. 345. sua diminuzione secolare, *ib.*
- Occhiali, III. 85—359.
- Occhio, III. 78. suoi umori, 79. rapporto de' raggi in essi, *ib.* di Mondo, 130. di bove, 370.
- Occultazione delle stelle, I. 199.
- Oculare, III. 87—91.
- Odore, sua intensità, I. 232.
- Oersted, II. 175.
- Oggetti, loro apparente grandezza, III. 19—354. figura, 22. oscurità, 23. lontananza, 25. numero, *ib.* moto, 27. quiete, 28. rovesciamento della loro immagine nell'occhio, 3—343. grandezza reale, 345. indiscernibili, *ibid.* eguali e doppi, 346.
- Olberts, I. 177—339.
- Olio di vetriolo, II. 299.
- Ombra, III. 15. sue leggi, 18. colorita, 128.
- Opacità, III. 129.
- Opposizion de' pianeti, I. 189.
- Oragani, III. 280. loro spiegazione, 282.
- Orbite planetarie, I. 173. lunare, 249.
- Orecchio, II. 187.
- Orientarsi o Orizzontarsi, I. 346. 358.
- Orisizj, I. 149. attrito che vi soffrono i fluidi, 150. lor grandezza, 151. laterali, 152. nel fondo, 155. corretti con tubi addizionali, 157. delle conserve, 330.
- Origo, II. 145.
- Orizzonte, I. 204.
- Oro, sua divisibilità, I. 5. sua densità specifica, 124. gravità specifica, 136. mescolato con l'argento cresce di volume, 143. sua bontà, II. 322.
- Orologio, a piano inclinato, I. 64. sua piramide, 87. a ruote, II. 20. correzione, 21.
- Orrery, I. 172.
- Orse, I. 358.
- Oscillazioni, II. 11. dipendono dalla gravità, 17. nel vuoto, 20. isocrone in ogni mezzo, *ib.* non isocrone in un tempo lungo, 21. varie a varie latitudini, 22.
- Ossidazione, II. 257. delle lastre della pila galvanica, III. 242.
- Ossido, II. 210.
- Ossigeno, II. 201. delle piante, 202. proprietà, 203. atto alla combustione, 204. salubre, 205. suoi vantaggi medici, 206. sua natura, 208.
- Ossimuriatico, III. 317.
- Ottone, misto con rame e zinco, I. 9. 129. gravità specifica, 135.

- Palle da cannone**, I. 37. e II. 400. suo ribalzo, 53. resistenza nell'aria, 164. sua velocità, II. 405.
Pallade, I. 77. suo diametro, 362.
Pallas, I. 369.
Palloni volanti, I. 327. II. 448. formula, 449. modo d'averne gli elementi, 450.
Palombari, I. 8. II. 141.
Papin, II. 166—240.
Para, II. 145.
Paracadute, II. 327.
Paradosso idrostatico, I. 117.
Parafoco, II. 86.
Parafulmini, III. 162—311.
Parabola, I. 172.
Parallasse, I. 205. del sole, 361.
Paraselene, III. 306.
Parcieux, I. 142.
Parelio, III. 305.
Parent, II. 407.
Parker, II. 289.
Pasqua, I. 342.
Passaggio di Venere e di Mercurio, I. 200. della Luna, 256.
Passo dell'Uomo, I. 274.
Paul, II. 289.
Pearson, II. 272.
Pendolo, I. 164. II. 11. suo centro di sospensione e d'oscillazione, ib. e 391. sue leggi, 12. sua correzione, 13. di compenso, 14. di Zach, 15. sua velocità. ib. osservazioni in varj luoghi, 22. allungamento, 23. a secondi, II. 13. rapporti delle lor vibrazioni, 16. applicazioni, 19. vantaggi, 22. loro pratica variabile nell'oscillazioni, 237—391. lunghezza in Firenze, ib. per i composti, 392.
Penombra, III. 15. sua misura, 16.
Percossa, II. 304.
Perielio, I. 173.
Perigeo, I. 173.
Periodici tempi, I. 173.
Periodo giuliano, I. 341. meteorologico, II. 263.
Pernj, peso da loro sostenuto, II. 285. lor materia, 297.
Perolle, II. 177.
Perrier, II. 169.
Perronet, I. 289.
Pesci, perchè notano, I. 233.
Peso, II. 380. del pie. cub. e cil. d'acqua, I. 61—117. del poll., 118 della tesa, ib. del pie. cub. d'acqua marina, ib. 131. in generale, ib. dell'atmosfera, 120. del pie. cub. di mercurio, 121. del metro cub. d'acqua, ib. dei corpi nella luna, 231. ne' pianeti, 240. sulla terra, II. 1. assoluto e relativo, 2.
Pessuti, II. 157.
Phips, I. 242.
Pianeti, loro numero, I. 172. loro moto, 173. di rotazione, 174. distanze, 178. superiori e inferiori, 179—189. loro atmosfera, ib. masse, 239—361. peso de' corpi in essi, 240. lor figura, 241. diametri e grandezze, 361—362. eccentricità e inclinazione, 363.
Piani i più elevati, I. 368.
Piano inclinato, I. 290. II. 4—60. sua legge, 90. caduta de' corpi, ib. forza motrice parallela alla lunghezza, 91. discesa de' corpi per esso, ib. sue leggi, 6—7—9—10. rapporto con le cadute verticali e co' tempi, 7. discesa per più piani, ib. rapporto de' tempi, 10.
Piante, lor nutrimento, II. 340. sviluppano del gas ossigeno cc., 354.
Piazzi, I. 177.
Picard, I. 346—366.
Pictet, II. 96.
Piede inglese, I. 16. parigino, 164.
Pietre della vescica, II. 293. da calcina, 365. aeree, III. 323.
Pila di Volta, III. 227. sua efficacia, 230. secondaria, 231. isolata, 238. effetti, 243.
Pinckerton, I. 368.
Pini, I. 241—367. II. 449.
Pinta, I. 117.
Pioggia, II. 227. III. 219—276. suoi effetti, 278. misura in più paesi, 279. oragiosa, 280.

- Piombo**, I. 129. sua resistenza, II. 309.
Piroclisterio, II. 266.
Pirometro, II. 87. di Wedgwood, 88. di Morveau, 89.
Pistola, I. 21 III. 164.
Pitea, I. 345. II. 265.
Pitot, I. 337.
La Place, I. 174—180—339—362. II. 37—55—56—57—94—148—149—182—419. III. 75—189—322.
Planetario sistema, I. 171. macchina planetaria, 172.
Platino, II. 354.
Plinio, III. 248—306—323—324.
Pluviometro, II. 279.
Pneumatica, macchina, II. 135. con quella di compressione, 151.
Poisson, I. 360. II. 20.
Polare stella, I. 358.
Polarità della luce, III. 139. del ferro calamitato, 253. di altri corpi, 258.
Polemoscopio, III. 108.
Poleni, I. 333. II. 145—409.
Poli, Saverio, I. 383.
Poli del Mondo, I. 173. terrestri, 212. loro abitanti, ib. galvanici, III. 227. della calamita, 247. modo d'averli, 248. amici e nemici, 249.
Poligono funicolare, I. 279.
Polispasto, I. 98—297.
Polmoni, aria che se ne espira, II. 331. lor grandezza, 336.
Polvere, infiammata, I. 37. sua portata, 38. sua forza, 271. fulminante, 272. suoi effetti, ib. suo fluido elastico, ib. infiammazione, II. 405.
Popolazione, I. 368.
Pori della cute, II. 119.
Porosità, II. 117.
Portata dell'acqua, I. 329. a 334.
Porterfield, III. 28.
Posizione geografica d'un paese, I. 208.
Potassa, III. 350. sua decomposizione, 353.
Potassio, III. 354.
Potenza, I. 4. acceleratrice e ritardatrice, 13. nelle macchine, 61.
Precessione degli equinozi, I. 217. 236—257.
Precipitato, II. 29—202.
Presbitti, III. 84—360.
Pressioni, II. 293.
Pressione, de' corpi ne' fluidi, I. 8. de' solidi, 11. de' fluidi per ogni verso, ib. modo di valutarla, 117. diversa dal peso, 118. d'un fluido sul fondo e su' lati del vaso, 119. sopra una superficie inclinata, 120. sofferta da una diga e da una cateratta, ib. proporzionale all'attrito, 285. de' perni, 286. leggi, 288—292. dell'aria, II. 111—139.
Priestley, II. 101—207—211—212—215—259—288—289—306—331.
Prisma, III. 360.
Problema de' tre corpi, I. 244.
Profilo di livellazione, I. 307.
Proiezione, II. 23. moto composto, 24. parabola descritta nel vuoto, ib. iperbola nel pieno, 25. obliqua, 395—404.
Prony, I. 100—142—306—330—335. III. 333.
Propagazione della luce, III. 4—309.
Prospettiva, III. 21.
Proust, III. 331.
Puissant, II. 20.
Puleggie, I. 82—285. fisse, ib. mobili, 83. legge per le prime, ib. leve di primo genere, ib. legge per le seconde a funi parallele, 84. a funi non parallele, 85. loro sistema, 98. se ne considera il peso, 99. con argano, 288. di pernio fisso, 292.
Punte elettriche, III. 162—193.
Punto, d'appoggio, I. 61—66. luminoso, III. 33.
Pupilla, III. 345.
Putrefazione, II. 214. arrestata, 292—307—347.

Quadrante idrometrico, I. 337.
 Quadrature, I. 248.
 Quadro magico, III. 165.

Quantità di moto, I. 21. del fluido
 sgorgante dagli orifizj, 151.
 Quiete, I. 10.

Raffreddamento, II. 72.
 Raggi elementari, III. 50. omogenei e eterogenei, 109. lor varia refrangibilità, 111. non cangiati dalla riflessione, 112. i più refrangibili sono i più refrattibili, ib. calorifici, 113. lor vario calore, 114. visibili e invisibili, 115. lor *maximum* del calore, 116. rapporto de' raggi rossi e violetti, 298.
 Raggio vettore, I. 156—173. della bilancia, 80.
 Rame, I. 4. sua gravità specifica, 124. sua resistenza, 309.
 Ramond, II. 148.
 Ramsden, II. 145.
 Razzi elettrici, III. 161.
 Reagenti per le acque, II. 438.
 Reaumur, I. 6. II. 79—119.
 Reazione, I. 24. diversa dalla resistenza, 25.
 Redi, III. 214.
 Reggio, I. 346.
 Regnier, I. 65—337.
 Reichenbach, I. 305.
 Remus, II. 242.
 Resistenza, de' corpi per esser mossi, I. 23. per essere arrestati, 24. varia, 27. nelle macchine, 61. de' fluidi in quiete ai corpi in moto, 162. sue leggi, 16. a motivo dell'inertza, 165. e della coesione, 166. de' fluidi in moto, 168. contro i battelli, 169. del rame e piombo, 309. de' condotti, 310. del ferro, 311. dell'aria alla caduta de' corpi, II. 382. nel tiro delle palle, 309. valutata da Eulero, 401. rapporto nel moto lento e rapido, 402.
 Respirazione, I. 213. II. 330. aria che vi si consuma, 333. e che vi si corrompe, 334. vi si decompone l'ossigeno, 335.

Retrogradazione de' Pianeti, I. 173. del nodo dell'eclittica, 218.
 Reumometro, I. 337.
 Ribalzo, I. 53.
 Riccati, II. 182.
 Riccioli, I. 16.
 Richer, I. 237. II. 22.
 Ricomposizione dell'acqua, II. 252.
 Richter, II. 300.
 Riflessione, III. 30. suo angolo, I. 50.
 Rifrazione, I. 198—306. III. 54. di due specie, 57. angolo, ib. sue leggi per i diversi mezzi, 58. ec. suo rapporto, 60. fenomeni, 63. in superficie piane, 64. sue leggi, 65. in superficie sferiche, 66. loro foco, ib. sue leggi, 67. per i diversi mezzi, 68. astronomica, 74. doppia, 135. sua legge, 138. atmosferica, 355.
 Ridolfi, III. 152.
 Rigidezza, delle corde, I. 27—302.
 Rinculo, I. 37—272.
 Riposo, I. 10.
 Ripulsioni, II. 57. apparenti, ib.
 Riscaldamento dell'acqua, II. 252.
 Ristringimento della vena d'acqua, I. 332. de' corpi al freddo, II. 72.
 Rivoluzione siderea, I. 173. della Luna, 180. delle macchie solari, 174.
 Rizzetti, III. 271.
 Robert, I. 327.
 Robertson, III. 334.
 Robins, I. 162—272. II. 400—402.
 Rochon, III. 113—137—274.
 Roemer, III. 8.
 Roma, III. 218.
 Romè de Lisle, II. 65.
 Romore, II. 184.
 Rotazione, I. 74. de' pianeti, 176. della terra, 235.
 Rote a ale, I. 62. dentate, 89—28. suoi giri, 282. de' carri, 277. con taglie, 293.

Rouelle, II. 274.
Rouy, I. 172.
Le Roy, II. 14.

Rugiada, II. 227—292.
Rumford, II. 84—85—96—99. III.
117—334.

S

Sale deliquescente, II. 254. d'Ep-
som, 364. delle moje, modo d'a-
verne in quantità, 440. di tar-
taro, 360.
Salsedine del mare, II. 439.
Sangue, II. 331. messo a contatto
col gas idrogeno, 332—333. sua
capacità per il calorico, 336
Samyel, III. 371.
Sapore, II. 281.
Satelliti loro numero, I. 172—179.
distanze medie e tempi periodi-
ci, 372.
Saturno, I. 60—178. suo anello e
suoi elementi, 371. sua luce, III.
341.
Saussure, II. 96—140—213—226—
232—234, III. 284.
Savour, II. 276.
Scala delle velocità, I. 149—336.
comoda per salire, 276. per il
pendolo, II. 15. termometrica,
79—81. barometrica, 143.
Scaldavivande, II. 266.
Scaligero, I. 341.
Scappamento, II. 20.
Schiacciamento della Terra, I. 367.
Scheele, II. 35—201—211—212—
268. III. 113.
Schulzer, I. 165.
Schroeter, I. 176—181.
Scintille elettriche, III. 163.
Sciocco il più funesto per l'Italia,
III. 373.
Scosse elettriche, III. 164.
Seguin, II. 121—331—337.
Senebier, II. 215—341.
Serbstojno d'acqua. V. Conserva.
Serenò, III. 294.
Seta, I. 6.
Le Seur, I. 181—391—409.
Sezione d'un fiume, I. 332.
Sfera, I. 209.
Sfregamento. V. Attrito.
Sgorgo d'acqua. V. Acqua sgor-
gante.
Short, I. 361.
Siderea rivoluzione, I. 173.
Tom. III.

Sifoni, I. 158. di Venturi, ib.
Silice, II. 368. modo d'averla, ib.
suoi usi, 369.
Sihcium, II. 370.
Sistema planetario, I. 171. Egizia-
no, 337. Tolemaico, ib. Coper-
nicano, 338. Ticonico, ib. ma-
sicale, II. 188.
Sizigie, I. 248.
Smeathon, I. 61—100—162. II. 419.
III. 275.
Smith, III. 102—344.
Snell, III. 60.
Soffietto, II. 139.
Soffogati, rimedi per essi, II. 287.
Soda, II. 355. sua decomposizione,
356.
Sodium, II. 356.
Sole, I. 60—172. risplende di sua
luce, ib. suo centro, ib. suo
moto di rotazione, 174. suo dia-
metro apparente, 175—361. suo
volume, 175. sua distanza, ib.
e 236. sua parallasse, 175—361.
suo moto di traslazione, 175. suo
asse, 236. sua azione sulle acque
del mare, 260. causa del calore
e della luce, 352. elementi, 370.
sua luce, III. 337.
Solidi, I. 2. composti come i fluidi,
111. loro sforzo al centro di gra-
vità, ib. immersi ne' fluidi, 126.
loro leggi, 127. galleggianti, 131.
Solidità de' corpi, I. 322.
Solstizj, I. 211.
Spazio, assoluto e relativo, I. 11
12. trascorso dai corpi, 14. par-
ziale, 15. trascorso da un corpo
con differente velocità, 16.
Specchi, III. 32. piani, 33. leggi,
34. convessi, 38. leggi, 39. con-
cavi, 41. leggi, ib. loro fenome-
ni, 47. prismatici, 48. d'Archimede
e di Buffon, ib. pirami-
dali ec. 49. ellittici, 50. metal-
lici, 51.
Spettro solare, III. 360.
Spianatoj, I. 5.

- Spirito di vino, I. 4. II. 345.
 Stadera, I. 81. cinese e danese, 82.
 Stagioni, I. 214—354.
 Stantuffo, non giunge mai al fondo, I. 8. II. 157.
 Stato diverso de' corpi, II. 113.
 Statua da collocarsi, III. 348.
 Stazza, II. 89.
 Stazione o battuta, II. 326.
 Stella polare, I. 358.
 Stelle fisse, I. 222. loro scintillazione, ib. lor distanza, 223. occultazioni, ib. grandezza, ib. parallasse, ib. lor natura, 224. lor catalogo, ib. nebulose, 225. cangianti, 226. molteplici, 227. lor moto apparente, 359. cadenti, III. 312.
 Stevino, I. 117.
 Stratico, I. 162.
 Strofinamento, causa del calorico, II. 423.
 Stronziana, II. 362.
 Strontium, II. 363.
 Struick, I. 340.
 Strumenti a fuso, II. 191.
 Sublimazione, II. 206.
 Sudore delle bottiglie e de' vetri, III. 277.
 Svinare, II. 346.
 Sulzer, III. 221.
 Suono, II. 173. sua propagazione, 176—178. sua intensità, ib. e 231. velocità, 180. impedimenti, 182. sensazioni che produce, 186.
 Superficie, limiti de' corpi, I. 6. lor natura, III. 50.

T

- Taglia fissa e mobile, I. 99. di White e Smeathon, 100. semplici, 203. doppie, 204.
 Tartaro, II. 350.
 Tavole delle forze umane, I. 62—66. per le corde, 108—301—304. delle distanze de' pianeti, 178. distanze medie e tempi periodici, 182. de' segni e delle stagioni, 188. delle congiunzioni di Venere, 192. de' passaggi di Mercurio, 200. delle masse de' pianeti, 239. per il tiro de' cannoni, 272. degli attriti per legni e metalli, 283. rapporto alle pressioni, 287. rapporto all'elevazione, 290. delle forze per piegar le corde, 301. di livellazione, 307. della tenacità de' metalli, 311. e II. 410. delle gravità specifiche, 315. delle longitudini e latitudini, 348. delle portate d'acqua, 331—334. delle pasque, 344. delle congelazioni, 353. delle temperature, 355. del calor diurno, 357. planetarie, 372. per i pendoli, II. 23. dei rapporti de' termometri, 80. delle dilatazioni, 88. dell' altezze barometriche, 141—149. per l'altezza dell'acqua, 161. per la caduta de' corpi, 164. dell' altezze del mercurio, 165. delle resistenze de' fluidi, 170. delle vibrazioni, 188. degli spazj corsi da' gravi cadenti, 388. delle velocità dovute all'altezze, 390. delle resistenze dell'aria nel tiro delle palle, 403. delle velocità delle palle da cannone, 405. della tenacità de' legni, 409. delle coerenze rispettive, 411. a 414. delle dilatazioni, 420. de' freddi naturali e artificiali, 425. delle altezze de' monti, 432. per gli aerostati, 453. degli aumenti degli oggetti nel microscopio, III. 104. delle densità elettriche, 208. dei periodi elettrici, 220. delle quantità di luce riflessa, 337. delle varie illuminazioni del Sole, 339. delle refrazioni atmosferiche, 358. de' venti, 368. delle misure, 374.
 Taylor, II. 90.
 Teatri, II. 434.
 Telefono, II. 186.
 Telescopio, III. 85. di refrazione, 86. di Galileo, ib. fenomeni, 89. astronomici, ib. loro leggi, 97. terrestri, 92. acromatici, 94. di riflessione, 97. Newtoniani, ib. Gregoriani, 98. di Lemaire, 99.

- Temperatura media, I. 354. si cangia nelle dissoluzioni, II. 33—82. secondo le capacità, 97.
 Tempi, I. 11. della caduta de' corpi, 15 e 388. periodici, 58—173. de' Pianeti, 175. ec. della Luna, 252.
 Tenacità de' corpi, II. 310. sua tavola, 311. de' legni, 407. rispetto a' pesi aggravanti, 416.
 Teodolito, II. 305.
 Tensione d'una corda, I. 278. modo d'averla, 279. sofferta dai condotti pieni, 309.
 Termolampo, II. 277.
 Termometro, I. 78. centigrado, 79. di Fahrenheit e Reaumur, 80. suo mercurio, 144.
 Termoscopio, II. 84.
 Terra, I. 60—77—176—364. suo moto di traslazione, 243. di rotazione, 235 suo diametro, 240. caduta de' corpi, 364. sua figura, 365. e II. 22. sua superficie, 367. porzione occupata dall'acque, ib. porzione abitata, 368. suoi piani più elevati, 368. suoi monti più alti, ib. considerata come una gran calamita, III. 259.
 Terre, II. 360.
 Terremoti, II. 243.
 Thenard, III. 353—455.
 Thompson, II. 77. III. 332.
 Ticone, I. 337. III. 75.
 Tiro del cannone, II. 896.
 Tito Livio, III. 323.
 Toaldo, I. 363.
 Tofani, II. 440.
 Toffoli, I. 172.
 Tolomeo, I. 337.
 Toni musicali, II. 187. III. 360.
 Torchio, I. 95.
 Tormelina, III. 180. suoi poli, 181. spezzata, 182.
 Tornio, I. 88.
 Torpedine, III. 214.
 Torre di S. Paolo, I. 16—164. di Pisa e di Bologna, 169. degli Asinelli e di S. Michele, 237.
 P. Della Torre, III. 104.
 Torricelli, I. 147—156—159. II. 139.
 Torsione, I. 167.
 Toscanelli, I. 346.
 Traslazione della Terra, I. 235.
 Trasparenza, III. 129. sua legge, 131.
 Traspirazione, II. 121.
 Travi, loro forza, II. 411. ec. accesi, III. 323.
 Tremolante del Niger, III. 214.
 Triangolo de' tempi, I. 14.
 Tribometro, I. 104.
 Trombe, I. 62. II. 152. premente e elevatoria, 154 depressoria, 155. composta, 156. da incendio, 157. Napoleone, ib. parlante o telefono, 186. a vapore, 241. marine, III. 295. terrestri, 296.
 Tropici, I. 202.
 Trovatore, III. 98.
 Troughton, II. 360.
 Tschirnhausen, I. 180.
 Tubi addizionali, I. 157. loro forma, 160—335. di Pitot, 337. capillari, II. 50. effetti de' fluidi in essi, 52. d'aspirazione, 153. varia elevazione dell'acqua e del mercurio, 417—418.
 Tuono, III. 309.

V

- Valvole, II. 157.
 Vanhelmont, II. 339.
 Van-Marum, II. 311. III. 230—237—241.
 Vanmon, III. 185.
 Vapori, I. 61. per le macchine, 62. lor natura, 224—229. loro densità, 235. trombe a vapore, 243. sulfurei, 303. condensati, 352. rarissimi nell'alto dell'atmosfera, 310.
 Varignon, II. 6.
 Van-Brede, I. 200.
 Vascello da vararsi, I. 298. da caricarsi, 325. da pesarsi, ib.
 Vaso perchè si rompe al calare, II. 82.
 Vassalli Eandi, II. 162.
 Vauban, I. 271—332—334.
 Vauquelin, II. 375. III. 328.
 De-Vecchi, I. 306—338.
 Vegetazione, I. 214. II. 339. vi si

- decompone l'acido carbonico e l'acqua, 344.
- Velocità**, I. 11. uniforme, 12. acquistata nell'accelerazione, 14—16. dovuta ad una altezza, ib. assoluta e rispettiva, 27. acquistata dopo l'urto, 53. in ragion inversa de' tempi periodici, 58. virtuale, 74. principio per l'equilibrio, 75. velocità d'azione dell'uomo, 96. dell'acqua fluente, 149. loro scala, 336. metodo per averla, 337. finale, II. 8. de' pendoli, 15. effettiva de' corpi cadenti, 383. suo piano, 386. dovute all'altezze, 388. del vento, III. 274.
- Vena d'acqua**, suo restringimento, I. 156—332.
- Venere**, I. 175. sua luce, 176. suoi monti, ib. visibile in pieno giorno, 191. suo splendore, III. 341.
- Ventilatore**, I. 56. idraulico, II. 157.
- Vento**, motore per le macchine, I. 62. sua velocità, II. 184—399. III. 274. sua qualità, 271. periodici, 273. per i mulini, 275. Rosa de' venti, III. 368. più regolari sul mare, 369. più forte, ib. loro cause, 370. soffoganti del Coromandel e del golfo persico, III. 371. loro qualità naturali, 372.
- Vento della palla**, II. 272—405.
- Ventose**, II. 140.
- Venturi** suo sifone, I. 334. II. 158.
- Venturoli**, I. 162—277—306.
- Verricello o burbera**, I. 88.
- Verticalità**, II. 358. deviazione della medesima, 360. III. 266.
- Vesta**, I. 177.
- Vetriolo**, II. 299.
- Vetro**, II. 369—379. più denso dell'aria, III. 71.
- Vette**, V. Leva.
- Vettori raggi**, I. 173.
- Via lattea**, I. 225.
- Vibrazioni**, II. 11. nel suono, 174. lor tavola, 188.
- Viet**, II. 175.
- Villanroys**, I. 405.
- Villinson**, I. 354.
- Vino**, II. 345. spumante, 346.
- Virey**, III. 333.
- Visione**, III. 26—78. modo con cui accade, 81. sue leggi, 82. suo *maximum*, 13. distinta e perfetta, 344. imperfetta, 359.
- Vite**, I. 60. sua legge, 94. suo grande attrito, 95. perpetua, 100.
- Viviani**, II. 407.
- Voce**, distanza per sentirla, II. 434.
- Volata**, I. 267.
- Voli**, I. 50—163.
- Volta**, I. 217—262—265—271—435. III. 185—216—227—230—242—291.
- Voltaire**, I. 369.
- Volume**, I. 10. del Sole, 175. de' pianeti, 361.
- Vortici**, I. 241.
- Vulcani**, I. 181—241. idropirici, II. 243—271. cause de' venti, III. 371.
- Vulcanisti**, I. 369.
- Vuoto**, II. 169.

U

- Udito**, II. 186.
- Umidità**, II. 230. suoi rapporti, 233. suoi effetti, 243.
- Uomo**, sua forza assoluta, I. 273. sua azione giornaliera, ib. azione col peso, 274. sua velocità, 275. suo momento statico, 276. sua forza media, 277. peso d'aria che sostiene, II. 140—151.
- vive in tutti i climi, 334. ale per volare, 448.
- Uova fresche**, maniera di conservarle, II. 120.
- Urano**, sua luce, III. 341.
- Urto de' corpi**, I. 264. produce il calorico, II. 423.
- Usserio**, I. 341.
- Uva**, II. 346.

W

Walsh, III. 215.
 Wallerius, I. 369.
 Wallis, I. 264.
 Wats, II. 243.
 Weedwood, II. 88.
 Wilk, III. 150.

Wilkinson, III. 243.
 Wilson, I. 174.
 Wiston, I. 340.
 Wollaston, III. 137—241.
 Woulff, II. 283.
 Wren, I. 264.

X

Ximenes, I. 16—88—174—276— 277—284—296—298—300—345.

Z

Zach, I. 341—360—367. II. 15—420.
 Zambeccari, II. 448.
 Zeffiri, III. 272.
 Zandrini, I. 337.
 Zenith, I. 204—358.
 Zirconia, II. 374. sue proprietà, 375.

Zirconium, II. 375.
 Zolfo, II. 298. suo fegato, 352.
 Zolfuro di ferro e di piombo, I. 6.
 Zaliani, I. 148.
 Zodiaco, I. 189.

<i>Pagine</i>	<i>Versi</i>	ERRORI	CORREZIONI
17. 32	15	$= 20'' \dots \dots \frac{0}{2m}$	$e t = 20'' \dots \dots C = \frac{0}{2'''}$
24	7	sarebbero essi perpetui	si avrebbe il <i>moto perpetuo</i>
49. 54	11. 32	$R \dots \dots = 1'$	$\Delta R \dots \dots = 1$
64. 81	21. 30	75, 6 posto	76, 36 posta
82	26	lungo, il bacino	lungo il bacino
84. 101	9. 22	sostenere 2000	dirigere 200
129. 144	28. 7	piombo, è specifica	piombo è specifica
197	31. 33	$346 \frac{3}{2} \dots \dots 235$ anni	$346 \frac{1}{2} \dots \dots 235$ mesi
210. 231	27. 15	19' onde	50' dunque
234. 235	28. 14	3. 4.°	III. IV.°
241. 248	5. 14	(131) PT	(131) (X) OT
266. 275	1. 37	(V - v) da	(V + v) di
273. 276. 277	9. 10. 19	degli . . . 12 . . . rovinato	dagli . . . 12 $\frac{1}{2}$. . . fatto
281	33. 34	delle ruote . . . de' roccchetti	de' roccchetti . . delle ruote
288. 295	17. 16	puleggia $\frac{2}{2, 1}$	puleggia $\frac{1}{2, 1}$
301. 305. 364	30. 28. 29	2.2 ri A a	3.2 vi A B
306. 321	19. 13	57600 0, 86	57060 0, 46
326. 327. 329	20. 3. 23.	più . . . $2 \frac{1}{3} \dots \dots 1.°$	(n. 70) mena . . . 3 . . . <i>dele</i>
Tavole	Figure		
1.	2. 4. 11	CDF D' F	CDE D E
	8	B (<i>al peso</i>)	<i>deest lin.</i> A Q
2.	19	.	P
	21	.	Alla metà di MN <i>deest</i> O
	28	.	La BD si prolunghi in A
3.	43	.	Alla coppa di AD si ponga r
4.	52	O	C
5.	63	.	Alla terra <i>deest</i> T
	70	è	<i>l'...onde deest lin. lm c O M</i>
Tav. agg.	Figure		
II.	XIII.	l	L
	XVIII.	.	all'incontro di A ed E <i>deest</i> O
III.	.	XXXI.	XVI
V.	XXXVI.	7. 9. 8	7. 4. 8

TOMO II.

<i>Pagine</i>	<i>Versi</i>	ERRORI	CORREZIONI
6	18. 19	AC: AB	AB: AC.
56. 80	29	conformasi — 72	confermasi — 72. $\frac{4}{9}$
86. 92	32. 13	non resti . . . specifico	resti specifico
262	16	pneumatica	pneumato-chimica
392	6	pendulo A	centro A
Tavole	Figure	F γ	E g
I. 2	80. 106		Al vertice della parabola
Tav. agg.	Figure		<i>deest</i> A
II.	LVI.		Alle due estremità dell' arco
	LXIII.		<i>deest</i> M, N; e alla di
			lui metà <i>deest</i> T'.

TOMO III.

<i>Pagine</i>	<i>Versi</i>	ERRORI	CORREZIONI
4	6	ques o	questo
13. 30	13. 9	meno... meno... dal sole	più... meno... <i>adde</i> (D'').
35. 58. 65	26. 19. 29	IC... del... PC	IG... dal... PQ
56	12	IL... Z	IL, ... Z,
66. 76	23. 16	<i>superficie</i> . . . da 12°	<i>superficie</i> . . . de' 12°
77. 91	13. 19	diffrazione . . . dall'	diffrazione . . . dell'
84. 85	6. 9	di chi . . . chiarore	a chi . . . chiarore (H'').
94	24. 28	specie, . . . 1, 58: 1,	specie . . . 1, 58: 1
	ult.	consideranno	coincideranno
101. 103. 107	8. 13. 12	200p. . . . è . . . rote	2000p. . . . è . . . rote,
168. 272	16. 12	de o dal	di dal
278	penult.	Norvegia	Negrisia
314	28	dipinti	dipinti (428)
321	24	Saussur e	Saussure
328	penult.	accadute	<i>dele</i>
348	25	— <i>m</i>	— <i>m</i>



Fig. 110.

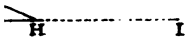
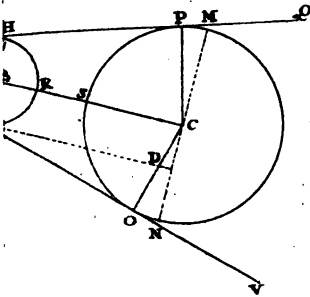


Fig. 115.

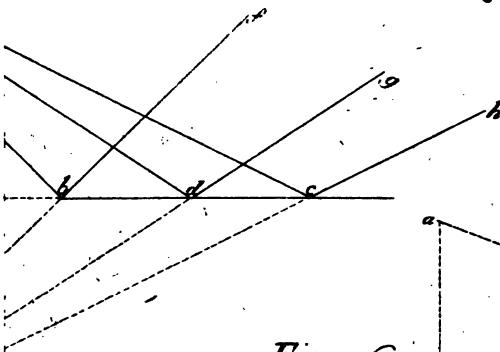


Fig. 116.

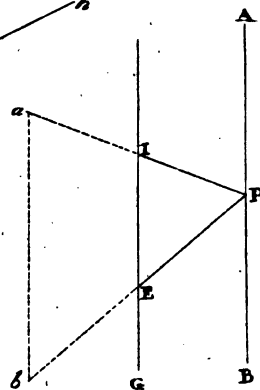


Fig. 111.

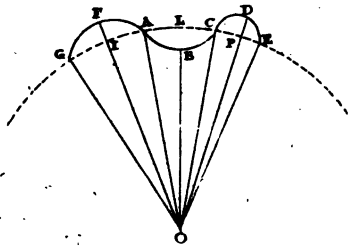
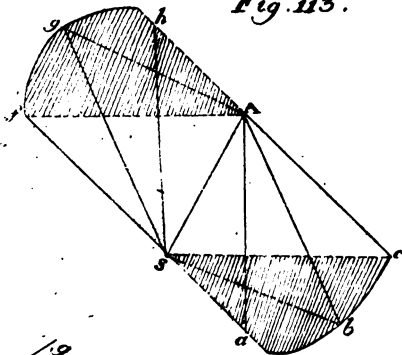


Fig. 113.



118.

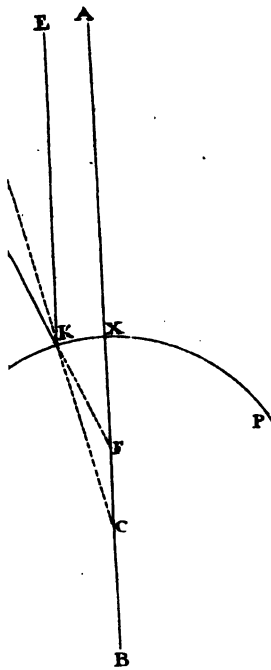


Fig. 122.

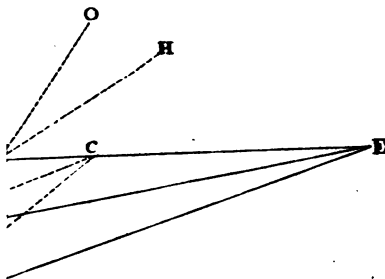


Fig. 119.

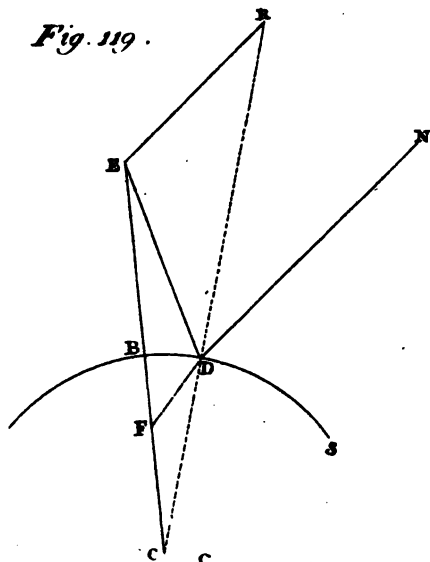


Fig. 123.

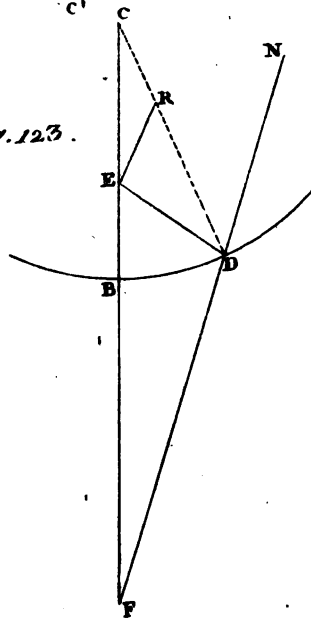


Fig. 126.

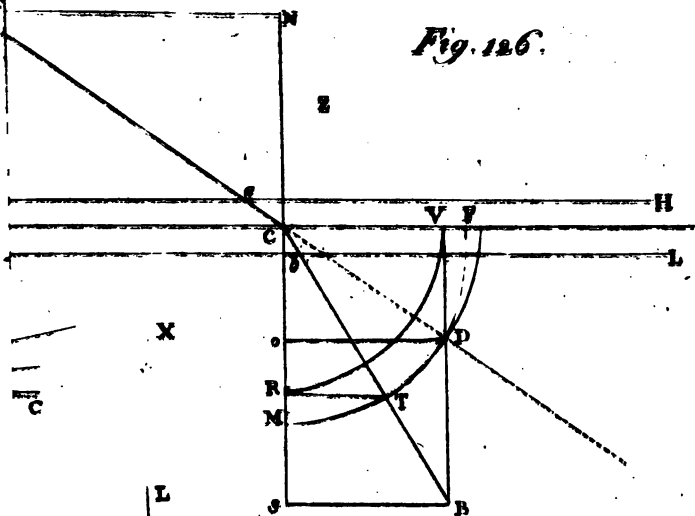


Fig. 127.

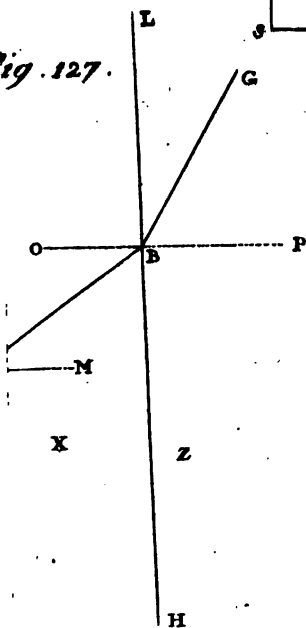
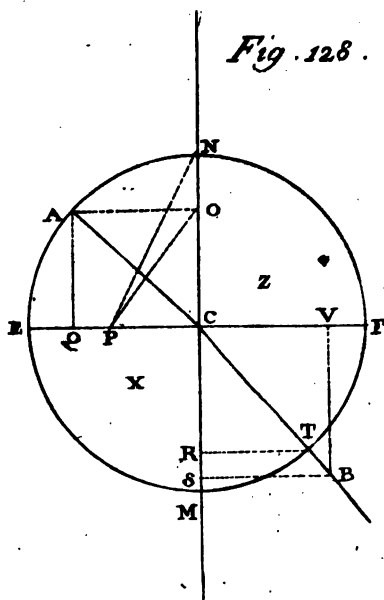


Fig. 128.



g. 137.

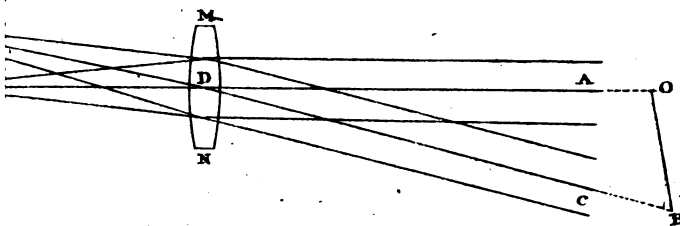


Fig. 138.

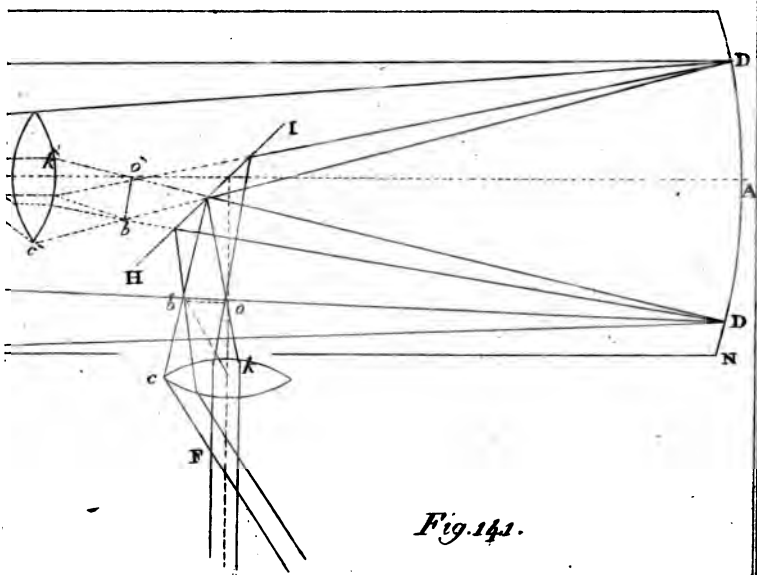
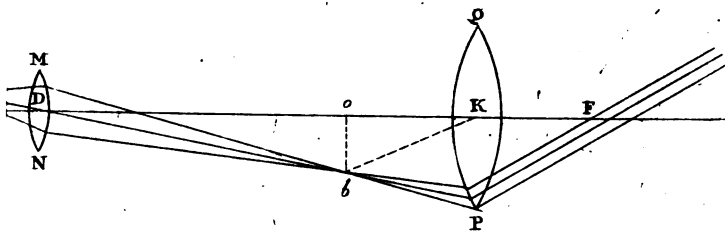


Fig. 141.



143.

Fig. 144.

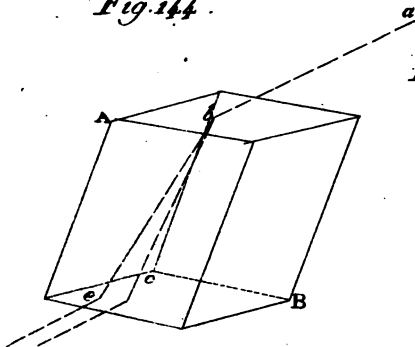


Fig. 145.

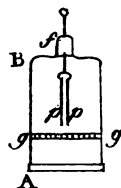


Fig. 148.

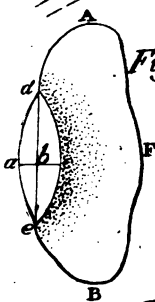


Fig. 149.

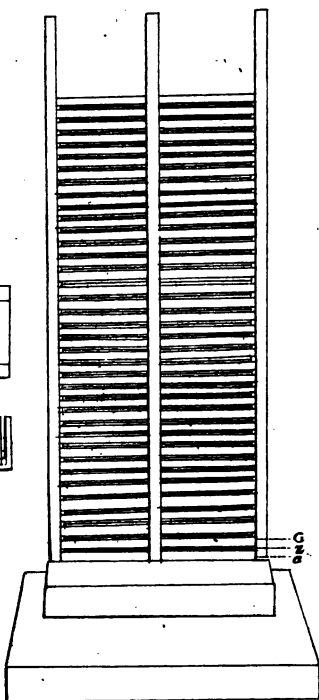
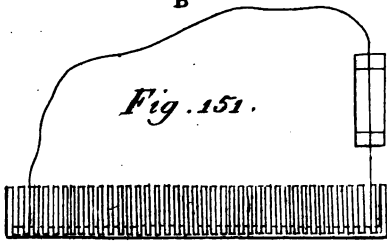


Fig. 151.



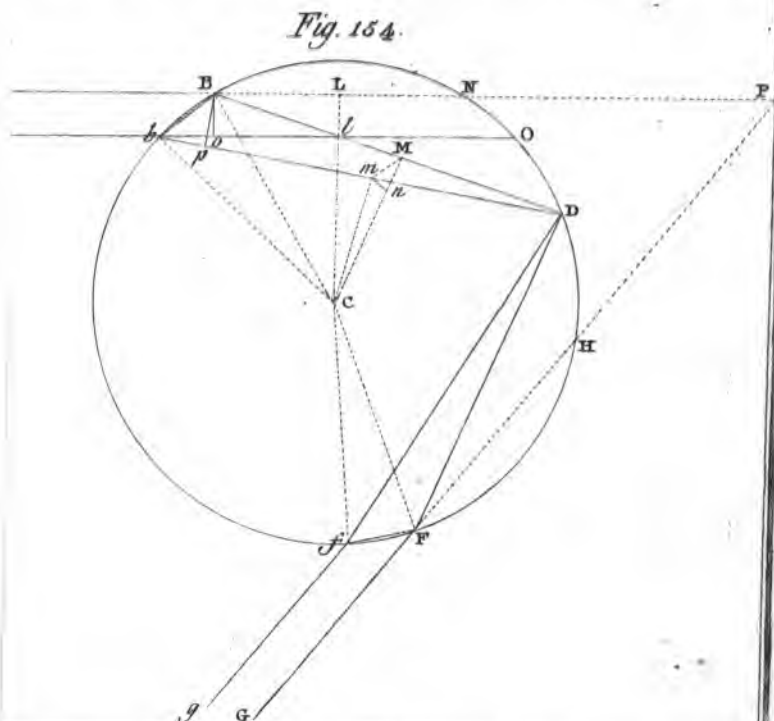
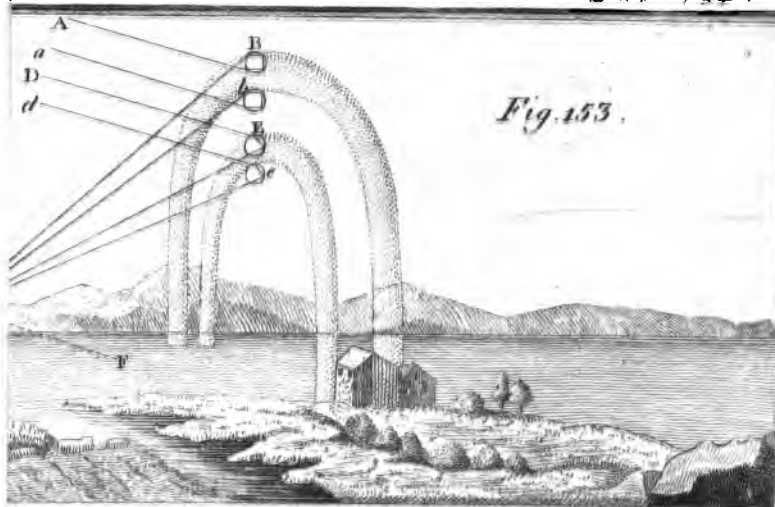


Fig. LXVI.

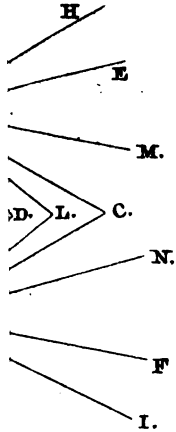
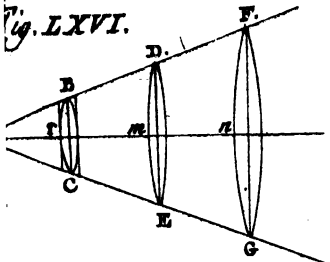


Fig. LXX.

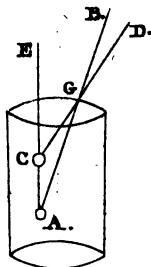


Fig. LXXIII.

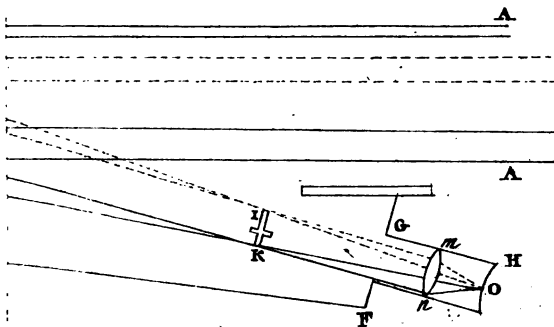


Fig. LXVII.

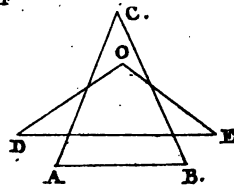
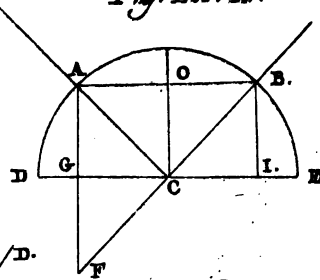


Fig. LXXI.

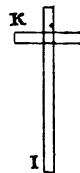
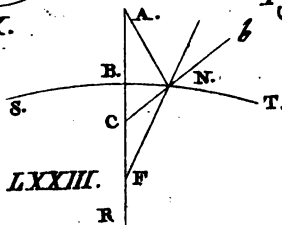


Fig. LXVI.

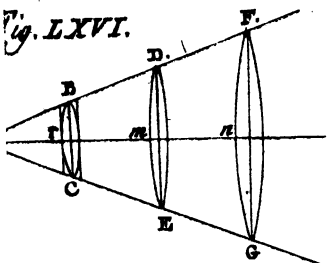


Fig. LXVII.

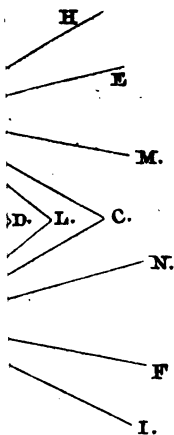
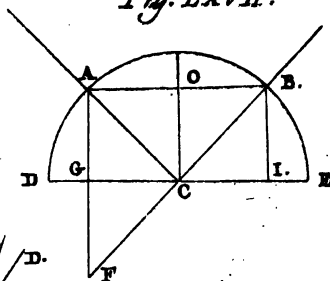


Fig. LXX.

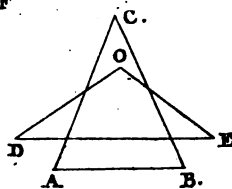
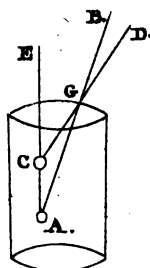


Fig. LXXI.

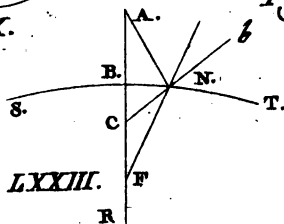


Fig. LXXIII.

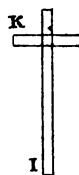
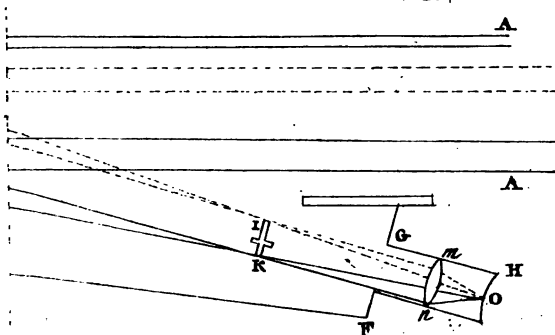


Fig. LXVI.

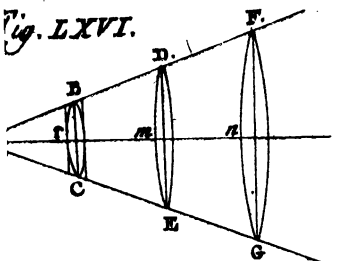


Fig. LXVII.

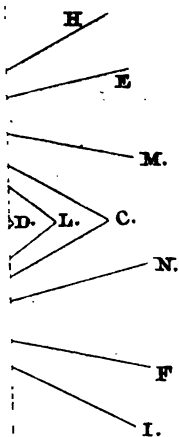
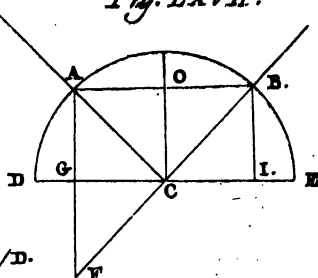


Fig. LXX.

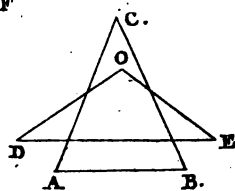
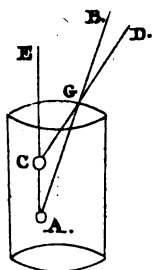


Fig. LXXI.

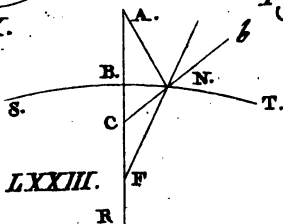
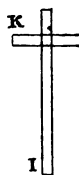
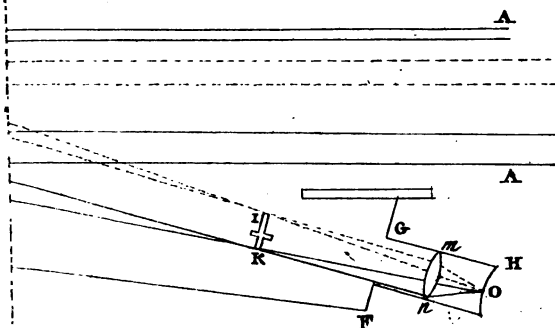


Fig. LXXIII.



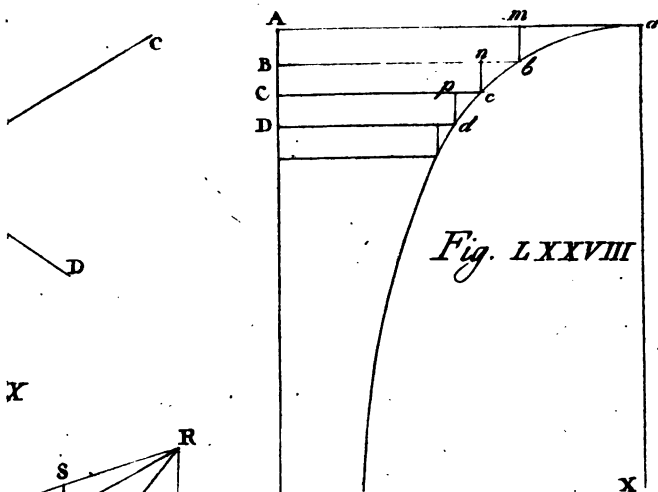


Fig. LXXVIII

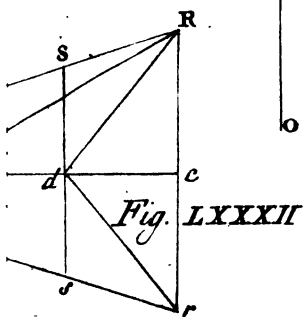


Fig. LXXXII

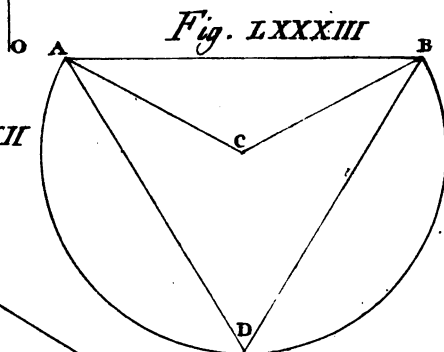


Fig. LXXXIII

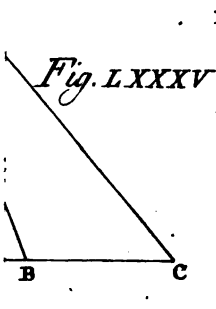


Fig. LXXXV

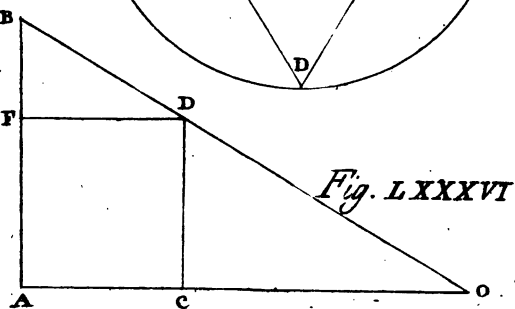


Fig. LXXXVI

Fig. LXXXIX.

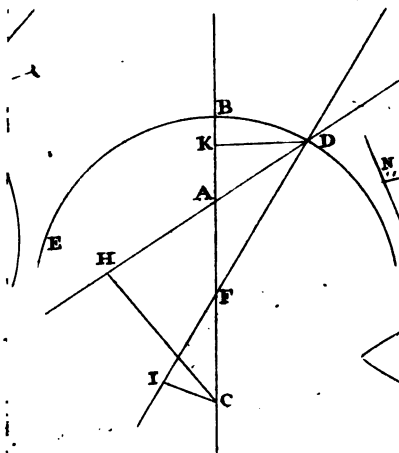


Fig. XC.

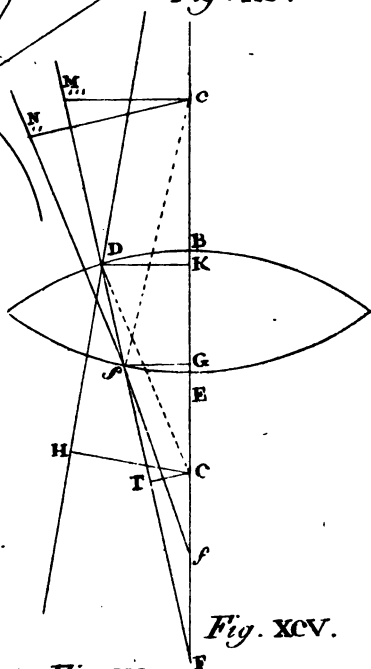


Fig. XCVI.

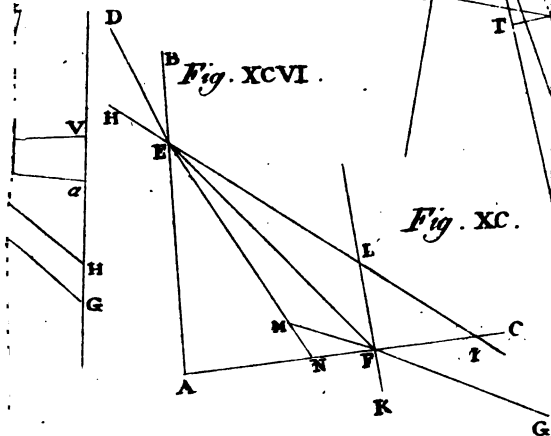


Fig. XC.

Fig. XCV.

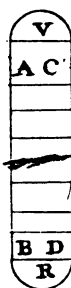


Fig. XCIII.

