



I S E M P R E V E R D E

DOMENICO SCINÀ

— ★ ★ ★ —

Elementi di Fisica particolare - Vol. II

ATHENA
EDIZIONI

Athena Edizioni ti regala questo libro in formato cartaceo, stampato e spedito gratuitamente a casa tua. Infatti per ogni libro acquistato dal sito potrai scegliere un libro della collana Sempreverde in omaggio. Visita edizioniathena.it per maggiori informazioni.

Domenico Scinà

Elementi di Fisica Particolare
Vol. II

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al sostegno di:



E-text

Web design, Editoria, Multimedia

(pubblica il tuo libro, o crea il tuo sito con E-text!)

<http://www.e-text.it/>

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Elementi di Fisica particolare -
Vol. II

AUTORE: Scinà, Domenico

TRADUTTORE:

CURATORE:

NOTE:

CODICE ISBN E-BOOK:

DIRITTI D'AUTORE: no

LICENZA: questo testo è distribuito con la
licenza specificata al seguente indirizzo
Internet: <http://www.liberliber.it/libri/licenze/>

TRATTO DA: Elementi di fisica particolare / dell'abate Domenico Scina. - Milano : Soc. tip. de' classici italiani, 1833. - 306 p., 4 c. di tav. : ill. ; 22 cm.

Le incisioni fuori testo sono tratte dall'edizione di Palermo : dalla Tipografia Reale di Guerra, 1829-1830.

CODICE ISBN FONTE: manca

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 11 febbraio 2014

INDICE DI AFFIDABILITÀ: 1

- 0: affidabilità bassa
- 1: affidabilità media
- 2: affidabilità buona
- 3: affidabilità ottima

DIGITALIZZAZIONE:

Ruggero Volpes, r.volpes@alice.it

REVISIONE:

Gianluigi Trivia, gianluigitrivia@yahoo.com

IMPAGINAZIONE:

Ruggero Volpes, r.volpes@alice.it

PUBBLICAZIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

Informazioni sul "progetto Manuzio"

Il "progetto Manuzio" è una iniziativa dell'associazione culturale Liber Liber. Aperto a chiunque voglia collaborare, si pone come scopo la pubblicazione e la diffusione gratuita di opere letterarie in formato elettronico. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito Internet: <http://www.liberliber.it/>

Aiuta anche tu il "progetto Manuzio"

Se questo "libro elettronico" è stato di tuo gradimento, o se condividi le finalità del "progetto Manuzio", invia una donazione a Liber Liber. Il tuo sostegno ci aiuterà a far crescere ulteriormente la nostra biblioteca. Qui le istruzioni: <http://www.liberliber.it/aiuta/>

Indice generale

GLI EDITORI MILANESI.....	7
DELL'ELETTRICITÀ PER CONTATTO	11
Capo primo — Della formazione e teorica della colonna del Volta e della pila termo-elettrica.....	14
Capo II. — Degli effetti degli apparati elettromotori.	34
DELL'ELETTRICITÀ DINAMICA	58
Capo primo — Dell'azione mutua de' fili conduttori della pila di Volta.	63
Capo II. — Dell'azione della terra su i conduttori voltaici, e dell'azione mutua tra questi e le calamite.	89
Capo III. — De' fenomeni magnetici e del magnetismo della terra.....	129
CONCHIUSIONE DEL TRATTATO DEGL'IMPONDE- RABILI.....	157
DELL'ATMOSFERA.....	168
Capo primo — Delle proprietà fisiche dell'aria atmosferica.	170
Capo II. — Delle proprietà chimiche dell'aria atmosferica, e della sua analisi.	192
Capo III. — De' vapori nell'aria atmosferica.	217
Appendice al presente capo terzo	230

Capo IV. — Della temperatura dell'atmosfera.	267
Capo V. — Dell'elettricità atmosferica e del gas idrogeno.	296
Capo VI. — Degli strumenti meteorologici.	315
DE' FENOMENI ATMOSFERICI	349
Capo primo — Delle meteore lucide.	352
Capo II. — Delle meteore aquee.	378
Capo III — De' venti.	397
DELL'ACUSTICA	408
Capo primo — Della formazione de' suoni.	408
Capo II. — Della propagazione e intensità del suono.	427
Capo III. — Della riflessione del suono.	444
Capo IV. — Della comparazione de' suoni.	458
DELL'ACQUA	473
Capo primo — Delle proprietà dell'acqua ne' varj suoi stati.	475
Capo II. — Dell'acqua che sgorga da' vasi.	491
Capo III. — Del movimento dell'acqua ne' condotti e ne' canali.	507
CONCLUSIONE.....	519
INDICE DEL TOMO SECONDO DELLA FISICA PARTICOLARE	523

ELEMENTI
DI FISICA PARTICOLARE

DELL'ABATE
DOMENICO SCINÀ
P. PR. NELLA R. UNIVERSITÀ DI PALERMO

TOMO II.

MILANO
DALLA SOCIETÀ TIPOGR. DE' CLASSICI ITALIANI

MDCCCXXXIII

GLI EDITORI MILANESI

“Non v’ha dubbio essere imprendimento laborioso e non conveniente agli omeri di qualunque scienziato lo scrivere il Corso di una scienza qual è la fisica. Imperciocchè, oltre un gusto squisito ed un giusto criterio necessario per fare una buona scelta dalla farragine di scoperte, d’indagini, d’osservazioni, di sperimenti, di fatti, d’ipotesi e in generale di ritrovamenti sparsi in molti volumi, fa d’uopo possedere un po’ più oltre degli elementi, la chimica e la matematica, ed avere delle cognizioni delle altre scienze accessorie, colle quali spesso la fisica entra in fratellanza, o per la migliore intelligenza de’ fenomeni naturali, o per fare alcune applicazioni che danno nuova luce alle teoriche ed ai principj ch’essa va di mano in mano stabilendo. Perlochè e la zoologia, e la botanica, e la mineralogia, e la fisiologia, e l’anatomia, e l’agricoltura devono in alcune parti essere all’istitutore conosciute: cui si aggiunga un metodo di ragionare desunto dalla logica la più giusta. Inoltre somma pazienza di consultare i giornali scientifici, gli atti delle accademie, le memorie e gli opuscoli, onde mettersi al fatto degli avanzamenti che va facendo la scienza. Finalmente avere una robustezza d’ingegno tale da potere abbracciare con un solo pensiero il vasto edificio d’un Corso di Fisica, onde sapere distribuire regolarmente e collocare ogni sua parte in modo, che le une succedano alle altre sotto un giusto rapporto, concatenando tutto in maniera da presentare la fisica veramente sotto l’aspetto di scienza. Questa distribuzione delle materie non è di sì poco momento, come forse può apparire a primo aspetto. Si può prescindere dall’ordine rigoroso pei parti dell’immaginazione, ed anche per le Memorie parziali, e per le dissertazioni che contengono e si aggirano soltanto su qualche ramo di scienza; mentre in

esse si osserva piuttosto l'ordine cronologico dei ritrovamenti, che quello della specie delle materie che vi si trattano. Ma quando si vogliono unire tutte le idee fisiche per presentarle sotto forma di scienza, allora è indispensabile l'ordine e la distribuzione rigorosa delle materie; altrimenti o non servirebbe tale lavoro all'istruzione di cui è scopo principale, oppure taluno potrebbe argomentare, come si è fatto, non doversi chiamare quel libro un vero Corso della scienza fisica, per non essere in esso disposte le verità e le proposizioni in un ordine sì rigoroso come la geometria elementare”.

Così scriveva nell'anno 1826 un Professore che ora occupa una cattedra in Milano, e nella stessa sentenza convergono i più dotti scrittori di trattati di fisica Italiani e d'Oltremonte. Che poi il professore Scinà abbia corrisposto all'incarico di scrivere un Corso di fisica in modo da accontentare le esigenze dei coltivatori di questa scienza, chi non volesse stare al nostro giudizio (chè non oseremmo di tanto pretendere), potrebbe riportarsi a quello che ne diedero i dotti ne' Giornali scientifici, e principalmente all'articolo che il cavalier Antinori nell'anno 1830 dettava nell'Antologia di Firenze (N. 114, fasc. di giugno, pag. 9).

Non vogliamo però dissimulare che un'amara critica del libro dello Scinà sia stata fatta dal sig. Girolamo Resti-Ferrari, fondata sopra inezie (p. e. che debbasi scrivere Pouillet e non Povillet, Ampère e non Ampere, decimi di tesa e non decime), e sopra conseguenze dedotte da modi di vedere particolari del sig. Resti; intorno alle quali, per non dilungarci di troppo, rimanderemo i lettori all'articolo che nel Giornale di Scienze, Lettere ed Arti per la Sicilia (tomo XLV, p. 105 e segg., Palermo, 1834) ha scritto il sig. abate Cassano.

Il critico parla contemporaneamente del Corso Elementare di Fisica

del professore Gerbi, ediz. I dal 1823 al 1825, volumi 5, il quale è ben diverso dagli Elementi di Fisica pubblicati dallo stesso autore nel 1819 in tre volumi. Animato da una parzialità manifesta, tutto o quasi tutto trova cattivo nella Scinà, all'opposto tutto lodevole nel Gerbi; e riprende nel primo alcuni nèi che sono proprj anche del secondo.

A proposito poi di questa nostra edizione, il sig. Resti dice in una nota: dal primo volume vediamo che non trattasi se non di una fedelissima ristampa, corretti soli alcuni errori grammaticali; ed a riguardo del prof. Gerbi: vediamo che i mutamenti principali consistono nell'aver innestate ne' luoghi opportuni le nuove scoperte e le nuove opinioni. Dove si osservi che nel primo volume dello Scinà da noi ristampato, oltre un cenno sulle proprietà generali dei corpi, si parla della Statica, dell'Idrostatica e della Dinamica; rami della fisica che dall'anno 1830, epoca dell'edizione originale di Palermo, al 1833 in cui si è incominciata la nostra, non hanno di certo fatti tali progressi, ch'ei possa ragionevolmente tacciarne di aver mancato d'innestare ne' luoghi opportuni le nuove scoperte e le nuove opinioni. Nè rispetto al Gerbi, non potendo il critico riferirsi che alla prima edizione citata superiormente, giacchè gli fu dato a sapere soltanto dopo avere steso i suoi articoli, che quegli ha testè riprodotta la propria opera, trovavasi in grado di conoscere se veramente vi avesse innestati i miglioramenti suddetti.

La parte della fisica che va soggetta a mutamenti e che quasi ogni anno si perfeziona e riceve qualche nuovo incremento, è la così detta Fisica particolare. Egli è perciò che per la nostra edizione abbiamo pregato il professore Majocchi, conoscitore di queste discipline, perchè ci volesse essere largo de' suoi consigli e de' suoi suggerimenti, onde mettere la nostra edizione al

livello delle presenti cognizioni. Il che facendo egli ha cercato di soddisfare alle nostre inchieste con quei riguardi che si vogliono avere per gli autori viventi, senza mancare d'indicarci all'uopo alcuni luoghi che richiedevano d'essere corretti o rettificati per abbagli in cui, come si disse, è facile cadere scrivendo opere di questa natura, e i quali sono di una vera importanza, come apparisce principalmente in questo volume, quantunque per altro sfuggissero alla perspicacia ed al sapere del fisico nostro Aristarco.

DELL'ELETTRICITÀ PER CONTATTO

Fu scoperto dal Volta sin dal 1792, che avvi, oltre allo strofinio, un altro modo e pronto e durevole ed efficace di eccitare l'elettricità, ch'è quello appunto del contatto di metalli diversi, o in generale di due corpi eterogenei. Ma questa scoperta, che segna un'epoca novella nella Fisica, ebbe ad occasione e principio alcune esperienze del Galvani sulle ranocchie e sopra altri animali. È da riguardarsi a principale, e come quella che servir può a comprendere tutte le altre l'esperienza che qui si soggiunge.

Esperimento.

Si taglia tutto il corpo di una rana (*fig.* 1), e ritenute le sole gambe posteriori attaccate a parte o a tutta la spina dorsale per mezzo de' soli nervi crurali diligentemente denudati, se ne posano sopra la sottile foglia di stagno *s* i nervi, e si armano con moneta di argento o di altro metallo *b* i muscoli denudati delle gambe: ciò fatto, appoggiate un arco di rame *mn* sullo stagno, e l'altro *mn* sull'argento; all'istante che questi due archi si toccheranno in *m*, osserverete che le gambe posteriori della rana si muovono e forte si convellono.

In questo esperimento i nervi, i muscoli, la foglia di stagno e d'argento e l'arco di rame formano un circolo, il quale è diviso in due parti: l'una è formata dagli organi della rana, e dicesi *arco animale*; e l'altra da' metalli, e chiamasi *arco eccitatore*. Questo poi

risulta da più pezzi, alcuni dei quali, come sono lo stagno e l'argento, che vestono i muscoli e i nervi, pigliano il nome di *armature* o *sostegni*, ed altri, come è il rame, di *comunicatori*, perchè sono diretti a formare una comunicazione tra i nervi e i muscoli per mezzo delle armature. Le convulsioni in fine eccitate nella rana si dicono *galvaniche*; e la rana che si mette in convulsione coll'artificio de' metalli, dicesi di *galvanizzarsi*, perchè Luigi Galvani da Bologna fu il primo a ridurre ad effetto simili esperimenti.

Parve da prima che si potesse già comprendere il fenomeno tanto oscuro dell'azione de' nervi sopra de' muscoli, perchè s'immaginò dal Galvani che inerente fosse a' muscoli ed a' nervi il fluido elettrico, e col favore di questo fluido si eccitassero le contrazioni muscolari. Si altercava solamente per sapere se ne' muscoli o nei nervi risedesse l'elettricità positiva o negativa. Credeva il Galvani che l'elettricità animale fosse rarefatta nella superficie e condensata nella sostanza de' muscoli, e che da questa a quella si scaricasse per mezzo de' nervi. Piacque ad altri che l'elettricità positiva si stesse ne' nervi, e la negativa ne' muscoli; e furono molti di avviso che da' metalli si svolgesse un fluido particolare diverso dall'elettrico, che de' fenomeni galvanici era la cagione. Volta in fine, abbandonata l'idea di una elettricità animale, venne dimostrando che il contatto mutuo de' metalli producea l'azione elettrica, e questa operando sopra l'arco animale irritava i muscoli e li metteva in convulsione. Il contrasto di queste opinioni animò i fisici a nuove esperienze, e Volta in fine prese la palma; perciocchè è oggi fuor di ogni dubbio che dal contatto de' metalli

o de' corpi diversi viene ad eccitarsi l'elettricità. Però la fisica si è arricchita di un novello ramo, qual è l'*elettricità per contatto*, e da questa grande scoperta è stato il frutto e l'avanzamento che han cavato la fisica, la chimica e le altre scienze naturali¹.

¹Galvani osservò un fenomeno poco sorprendente per sè stesso; ma la sagacità dell'osservatore seppe discernere nel medesimo una circostanza rimarcabile, la regolarità con cui si produce sotto all'agente che si sviluppa mettendo in comunicazione i muscoli e i nervi della rana: da ciò egli conchiuse che questo fatto, veramente fisico per la sua causa e per la sua regolarità, è un fatto nuovo dipendente da una novella causa. Dopo aver mostrato la regolarità del fenomeno, dopo aver riconosciuto qualche carattere distintivo nel principio o nel fluido che lo produce, e qualche somiglianza coll'elettrico, perciocchè attraversava assai bene i corpi conduttori; Galvani persistette a credere che esso fosse un nuovo fluido, cui i suoi seguaci diedero il nome di *fluido galvanico*, e di *galvanismo* al ramo di fisica che si occupa di questi fenomeni.

Volta scopri nel fatto di Galvani una circostanza sino allora sfuggita a tutti gli altri fisici; cioè che l'arco di comunicazione fra i muscoli ed i nervi, oltre essere conduttore, deve comporsi di due metalli differenti; dal che conchiuse non esistere il fluido, come pensava Galvani, nell'interno dei canaletti impercettibili di cui le fibre dei nervi sono solcate, ma che il medesimo si trova nel conduttore stesso, nella materia

CAPO PRIMO — DELLA FORMAZIONE E TEORICA DELLA COLONNA DEL VOLTA E DELLA PILA TERMO-ELETTRICA.

1. Volta, procedendo per la via diritta e sicura dell'esperienza, mise da prima in contatto le superficie di due dischi, l'uno di zinco e l'altro di rame, che forniti erano di un manico isolante, e poi, separando paralellamente fra loro i due dischi, toccò collo zinco il piattello di un condensatore, e col rame il piattello di un altro condensatore. Si avvide, in ciò fare, che i due dischi dopo il contatto erano ambidue elettrici; lo zinco positivamente, e negativamente il rame. Ma come la loro elettricità era così debole che appena movea le pagliuzze del suo elettroscopio (tomo I, num. 353) per $1/60$ di grado; così pensò di mettere in opera il condensatore unito all'elettroscopio (tomo I, num. 355). Venne quindi a replicare per 12, 16, 20 volte o più l'operazione di mettere in contatto i due dischi di rame e di zinco, e poi toccare ad ogni contatto il piattello raccoglitore del condensatore; e così facendo ebbe segni sensibili d'elettricità positiva collo zinco, e di

dei metalli, dai quali si sviluppa nel loro contatto, scorrendo pei muscoli e pei nervi. Il fluido eccitato dal mutuo contatto dei metalli, sì debole e sì impercettibile nella sua azione, noi lo vedremo accumularsi e produrre l'apparato il più potente e il più fecondo per le indagini della fisica e della chimica.
— *Gli Editori.*

negativa col rame, perchè le pagliuzze divergeano sino a 1°, 2° e 3°.

2. Sicuro il Volta per questi esperimenti, che dal sovrapporre di quei due metalli veniva elettricità, era incerto se ciò avesse a cagione il contatto, o pure la pressione dell'uno sopra l'altro metallo. A togliere adunque una sì fatta incertezza saldò insieme i due pezzi l'uno, di zinco e l'altro di rame, in modo che ne risultasse d'ambidue unica lamina o superficie in parte di zinco e in parte di rame. Tolta così la pressione, e restando solo il contatto de' due metalli, mise a prova questa lamina tenendo in mano lo zinco, e toccando col rame il piattello raccoglitore ch'era parimente di rame. Vide allora che i pendolini balzavano per elettricità negativa, com'era accaduto prima, ed ebbe sicuro indizio che l'elettricità proveniva dal contatto. Ma non cavò alcun segno di elettricità, allorchè tenendo in mano il rame della lamina toccò collo zinco il piattello di rame del condensatore. Per lo che pensò di mettere su questo piattello una carta bagnata, e tenendo in mano il rame della lamina toccò la carta, non già il rame del condensatore. Ebbe allora segni di elettricità positiva dallo zinco, com'era accaduto co' primi esperimenti; e però non potè più dubitare che dal contatto di due metalli zinco e rame si eccitava l'elettricità, positiva nello zinco, negativa nel rame; e chiamò quest'azione de' due metalli *elettromotrice*, e i due metalli *elettromotori*. Gli restava solamente a dichiarare perchè non era necessario il tramezzo della carta bagnata, quando toccava col rame della

lamina il piattello del condensatore per aver segni elettrici, e questi al contrario mancavano senza l'ajuto della carta bagnata, quando toccava collo zinco il rame del condensatore. A spiegare una sì fatta differenza recò innanzi il Volta che il rame della lamina, essendo elettrico negativamente pel contatto permanente collo zinco, venne a comunicare la propria elettricità al rame del condensatore; giacchè rame e rame pel contatto si possono comunicare elettricità, non già eccitarla. Non così avviene collo zinco; perciocchè questo si trova in mezzo a' due contatti di rame, cioè tra il rame del condensatore e quello della lamina. In questo caso l'elettricità si sforza con forze eguali e contrarie a svolgersi dall'uno e dall'altro rame, e bilanciandosi queste due forze, non può aver luogo alcuna produzione di elettricità. È questa la ragione per cui lo zinco non comunica elettricità positiva al rame del condensatore, e questo si trova nello stato naturale. Ma se lo zinco tocca la carta bagnata, allora non più si trova tra rame e rame, e comunicando la sua elettricità alla carta, questa la trasmette al condensatore. Una sì fatta spiegazione, che fu allora generalmente abbracciata, è stata posta non ha guari in forse dal Biot. Il quale porta opinione che in verità il rame del condensatore nel primo momento piglia elettricità negativa, ma che questa è tosto neutralizzata dall'elettricità che si parte dal suolo, passa nel rame della lamina, e traversando lo zinco va nel rame del condensatore, e lo riduce allo stato naturale. Ma a dimostrar ciò si dovrebbe indicare qualche segno di elettricità nel primo istante in cui il rame del condensatore piglia, secondo il Biot,

elettricità negativa. Or questo segno non si è finora potuto ottenere nè anche cogli organi delle ranocchie, che sono più sensitivi de' nostri elettroscopj. E però i fisici si attengono ancora alla prima spiegazione.

3. Volta scoprì la facoltà elettromotrice non solo tra rame e zinco, ma tra tutti gli altri metalli, come tra argento e zinco, tra rame ed argento, tra rame e ferro, tra stagno e piombo, ec. In seguito egli ed altri fisici la riconobbero nella piombaggine, ne' carboni, ne' solfuri, ne' carboni di scisto, nelle sostanze animali, come nervi, muscoli, ec. Per lo che questa facoltà è stata estesa a tutti i corpi della natura, ed i fisici sono oggi d'accordo che da tutte le sostanze eterogenee poste in contatto si ecciti lo stato elettrico. Ma l'intensità della forza elettromotrice varia secondo la natura diversa delle sostanze. La più energica è quella dello zinco in contatto col rame o coll'argento; e Volta rappresentando questa per 12, determinò che opera tra rame ed argento come 1; tra rame e ferro 2; tra ferro e stagno 3, tra stagno e piombo 1; tra piombo e zinco 5, ec. Nè lo stato positivo o negativo che prende un corpo a cagione del contatto, è costante, ma varia come variano i corpi con che si mette in contatto. Il rame collo zinco e col ferro piglia elettricità negativa, e coll'argento positiva; il ferro col rame è elettrico in più, e collo stagno in meno; lo stagno col ferro è in istato positivo, e col piombo è negativo, ec. Solamente è da notare che la facoltà elettromotrice si è trovata debolissima e pressochè insensibile ne' liquidi, sia che

fossero in contatto tra loro, o pur co' metalli; ma sono da eccettuarsi i solfuri alcalini, che in contatto de' metalli la dimostrano energica. Per lo che i fisici non considerano ne' liquidi la facoltà di eccitare col contatto l'elettricità, ma quella di condurla; e di questa facoltà conduttrice van cercando in quali sia più e in quali meno, giacchè non trovasi in tutti eguale. Così l'acqua unita agli acidi, o pur pregna di sali, conduce l'elettricità assai più che non fa l'acqua pura, la quale è così imperfetta nel condurre, che si è quasi tolta dall'ordine delle sostanze conduttrici².

²I fisici, che dopo Volta si occuparono a rinvenire con diligenza la facoltà elettromotrice de' diversi corpi, furono Marianini e Pouillet. Ecco una serie di sostanze disposte per ordine appunto di quella facoltà:

Secondo Marianini

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1 Carbone molto ossidato. | 13 Carbone estinto rapidamente. |
| 2. Manganese. | 14 Bismuto. |
| 3 Ferro piritoso. | 15 Ottone ossidato. |
| 4 Carbone di ferro. | 16 Rame splendente. |
| 5 Oro. | 17 Ottone. |
| 6 Platino. | 18 Ferro. |
| 7. Miniera di rame. | 19 Piombo non isplendente. |
| 8 Zolfuro di piombo. | 20 Regolo di manganese. |
| 9 Mercurio. | 21 Stagno. |
| 10 Argento. | 22 Piombo splendente. |

-
- | | |
|-------------------------------|--|
| 11 Antimonio non isplendente. | 23 Carbone cimentato mentre
è acceso. |
| 12 Rame non isplendente. | 24 Zinco. |

Secondo Pouillet.

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1 Platino. | 10 Rame. |
| 2 Oro. | 11 Ottone. |
| 3 Argento. | 12 Bismuto. |
| 4 Piombo zolforato. | 13 Antimonio. |
| 5 Rame zolforato. | 14 Acciajo. |
| 6 Grafite. | 15 Ferro. |
| 7 Rame zolforato. | 16 Stagno. |
| 8 Mercurio. | 17 Piombo. |
| 9 Bronzo. | 18 Zinco. |

Secondo Volta.

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| 1 Carbone. | 11 Rame. |
| 2 Carburo di ferro. | 12 Ottone. |
| 3 Manganese grigio. | 13 Bronzo. |
| 4 Argento. | 14 Bismuto. |
| 5 Oro. | 15 Ferro. |
| 6 Zolfuro di ferro cristallizzato. | 16 Antimonio. |
| 7 Mercurio. | 17 Stagno. |
| 8 Platino. | 18 Piombo. |
| 9 Zolfuro di piombo. | 19 Stagnuola. |

4. Posti questi fatti, egli è chiaro in qual modo venne Volta col ragionamento e coll'esperienza ad accrescere lo stato elettrico de' metalli in contatto. Saldò per le loro superficie due dischi, uno di rame e l'altro di zinco, e mettendo sopra una tavola che comunica col suolo il disco di rame, soprappose a quello di zinco un cartone bagnato. Pose indi su questo cartone una coppia novella rame e zinco, come si vede nella *fig.* 4, e sullo zinco della seconda coppia un altro cartone bagnato, e su di questo una terza coppia, e così di mano in mano. Ora non vi ha dubbio che nella prima coppia il disco di zinco è elettrico positivamente a cagione del contatto del disco di rame. E però la seconda coppia ch'è soprapposta al cartone bagnato è da considerarsi come conduttrice insieme ed eccitatrice della elettricità: come conduttrice,

10 Zolfuro di ferro non cristallizzato.

20 Zinco.

Dalle quali serie si apprende che una sostanza può variare di posto nell'ordine degli elettromotori, secondo il suo stato di purezza, e secondo altre circostanze che ne modificano e alterano la sua natura. In generale più i corpi sono presi distanti fra loro nella serie, più è grande la quantità di fluido che si sviluppa. E il rame e lo zinco quantunque non sieno agli estremi della serie stessa, sono scelti a preferenza di altri corpi pel loro poco costo e per la facilità di trovarli in commercio. — *Gli Editori.*

il suo disco di rame piglia per mezzo del cartone bagnato l'elettricità positiva dal disco di zinco della prima coppia, e la trasmette al suo disco di zinco, e come elettromotrice, deve eccitare pel contatto tra rame e zinco elettricità positiva nel disco di zinco. Di modo che nel disco $\mathfrak{z}$ della seconda coppia si aduna una quantità di elettricità positiva, che è doppia di quella che trovasi nel primo disco $\mathfrak{z}$. E così di mano in mano alternando cartone bagnato e coppie di rame e zinco si formerà un apparecchio, o, come dicesi, una colonna in cui lo stato elettrico andrà crescendo col numero de' dischi che si van sovrapponendo. Indi questo apparecchio chiamasi *elettromotore*, *pila* o *colonna*, e dal nome dell'inventore *pila* o *colonna di Volta*; e le due estremità di questa pila portano il nome di *polo zinco* o *positivo*, e *polo rame* o *negativo*, perchè l'una termina col disco di zinco, e l'altra col disco di rame³.

³Tale è il celebre apparato per mezzo del quale Volta è giunto a sviluppare e ad accumulare un'intensità d'elettrico indefinitamente crescente, senza stropicciamento, senza pressione e pel solo contatto di corpi disposti secondo un ordine determinato. Per ben comprendere la teorica della *pila voltaica* è necessario distinguere con attenzione i corpi *buoni elettromotori* e *buoni conduttori*, dai corpi *cattivi elettromotori* e *buoni conduttori* dell'elettrico; inoltre va distinta la *facoltà elettromotrice* dell'intero apparato, dalla *facoltà elettromotrice* di ciascuna coppia. La prima dicesi *elettromotricità assoluta*, la seconda *relativa*;

5. Volta suppose che l'eccesso di elettricità del zinco sul rame sia costante, sia che si trovino allo stato naturale o no; ma Coulomb dimostrò col fatto, per via della bilancia elettrica, che la supposizione del Volta era non che semplice, ma vera. Ora coll'ajuto di questo principio, e nell'ipotesi che le sostanze umide frapposte alle coppie sieno perfettamente conduttrici, può essere a chiunque manifesto che nella prima coppia rame e zinco della colonna l'elettricità dello zinco sarà 1, e quella del rame, che dovrebbe essere -1 , sarà 0, perchè comunica col suolo. Nella seconda coppia sarà nel rame 1, e nello zinco 2. Nella terza coppia nel rame 2, e nello zinco 3, ec. Si formerà quindi ne' dischi di zinco una progressione aritmetica 1.2.3.4. ec., e in quelli di rame 0.1.2.3. ec. Chiamando adunque n il numero degli elementi da' quali risulta la colonna, la tensione dell'elettricità ne' successivi dischi di zinco sarà $n \cdot n-1 \cdot n-2 \dots 1$, la cui somma $= n \left(\frac{n+1}{2} \right)$, e ne' dischi di rame sarà $n-1 \cdot n-2 \cdot n-3 \dots 0$, la cui

e questa dipende dall'ordine in cui si trovano i corpi nella serie mentovata (nota al § 3), mentre quella, oltre dipendere dalla facoltà di ciascuna coppia, si attiene eziandio alla conduttricità del corpo umido e ad altre circostanze. In generale nell'apparato voltiano è mestieri distinguere fra loro la *forza di produzione*, la *forza di propagazione* e la *forza di tensione*. — Gli Editori.

somma $= n \left(\frac{n-1}{2} \right)$. Per lo che raccolte insieme queste due somme verrà la somma tutta $= n^2$, la quale esprimerà la quantità del fluido elettrico che si racchiude in tutta la colonna o sia tutta la carica. E come il *maximum* di tensione pel polo zinco è n , egli è aperto che gli effetti dipendenti dalla quantità dell'elettricità, che è espressa da n^2 , cresceranno col numero delle coppie, assai più di quelli che dipendono solamente dalla tensione, ch'è espressa da n .⁴

⁴Col numero delle coppie aumenta dunque la tensione della pila voltaica, e quindi gli effetti dipendenti da questa forza, quando però il liquido interposto ad ogni coppia sia buon conduttore. L'ampiezza delle piastre, come anche quella del conduttore umido, non influiscono in generale sulla forza di tensione. La forza di produzione, oltre dalla facoltà elettromotrice delle piastre, dipende anche dall'ampiezza, ma non dalla massa delle medesime. L'ossidazione, l'elettrico, la natura del conduttore umido, la temperatura, il tempo d'azione dell'apparato sono tutte circostanze che alterano la forza di produzione della pila. La forza di propagazione poi è in ragione diretta dell'ampiezza del conduttore umido ed inversa della grossezza di lui, come pure è dipendente dalla facoltà conduttrice del liquido. L'ossidazione delle piastre, mentre può concorrere talvolta ad accrescere la forza di produzione, infievolisce però la forza di propagazione, e l'aumento di temperatura rende più rapida la corrente elettrica e accresce

6. Ma altra è la disposizione dell'elettricità nella colonna isolata. Siccome nella prima coppia l'elettricità dello zinco dev'esser positiva, e negativa quella del rame (num. 4), e sempre l'eccesso dell'una sopra dell'altra dev'essere $=1$, o sia costante; così nel disco di rame della prima coppia l'elettricità sarà $-\frac{1}{2}$, e nel disco di zinco $+\frac{1}{2}$. Se poi al cartone bagnato della prima coppia si sovrapponesse il solo disco di rame, non vi ha dubbio che lo stato elettrico della prima coppia si verrebbe a cangiare. Poichè il disco di rame di questa prima coppia avrà $-\frac{2}{3}$; e 'l disco di zinco $+\frac{1}{3}$, affinchè la differenza tra l'una e l'altra elettricità fosse $=1$. E però il secondo disco di rame piglierà un'elettricità $=\frac{1}{3}$, o sia eguale a quella dello zinco, con cui comunica per mezzo del cartone bagnato. Ma come su questo cartone non si sovrappone il solo disco di rame, ma tutta la coppia rame e zinco; così l'elettricità del rame della prima coppia sarà -1 , e quella dello zinco 0 , e la loro differenza 1 . Il numero della seconda coppia avrà 0 e 'l zinco $+1$, e del pari la differenza tra questi due dischi sarà 1 . Per lo che è chiaro che l'elettricità nella colonna è sempre $=0$. Quando la coppia è una, la somma delle due elettricità $-\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 0$. Quando alla prima coppia si aggiunge un disco di rame, la somma dell'elettricità $-\frac{2}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 0$. E finalmente quando le

la forza di propagazione. — *Gli Editori.*

coppie son due, la somma $-1+0+0+1 = 0$. E così di mano in mano cresceranno le quantità dell'elettricità col crescer de' dischi, ma la loro somma sarà sempre $=0$. Poichè non comunicando la colonna col suolo, deve trar l'elettricità da sè stessa, e questa elettricità è quella appunto che avea la colonna nello stato naturale, ch'era espressa da 0.

7. Ora sia n il numero delle coppie e x la tensione del fluido nel polo zinco, si avrà per li dischi di zinco la progressione $x \cdot x-1 \cdot x-2 \dots x-(n-1)$, la cui somma $= nx - \frac{n.n-1}{2}$. Le tensioni poi ne' dischi di rame formeranno l'altra progressione $x-1 \cdot x-2 \cdot x-3 \dots x-n$, la cui somma $= nx - \frac{n.n+1}{2}$. Raccogliendo quindi l'una e l'altra somma si avrà $2nx - n^2$, che rappresentando tutta l'elettricità naturale della colonna isolata risulterà $2nx - n^2 = 0$. E quindi si caverà il valore di $x = \frac{n}{2}$. E come nel polo rame l'elettricità $x - n = \frac{n}{2} - n = -\frac{n}{2}$; così la quantità d'elettricità ne' due poli è eguale, ma nello zinco positiva $+\frac{n}{2}$, e nel rame negativa $-\frac{n}{2}$.

Se vogliasi la tensione dell'elettricità in un disco qualunque di zinco, si esprima, a contar dal polo zinco, per m il luogo del disco; e la sua tensione sarà espressa giusta la progressione già stabilita $x - (m - 1) = \frac{n}{2} - (m - 1)$. La tensione poi nel disco di rame, egualmente lontano dal polo rame, ch'è quello di zinco dal

suo polo zinco, è rappresentata per la progressione or ora annunziata $x - n + (m - 1) = -\frac{n}{2} + (m - 1)$. Dal che è manifesto che i dischi di rame e zinco egualmente lontani da' loro rispettivi poli si trovano egualmente elettrizzati, gli uni in più e gli altri in meno.

8. Se vi ha un disco di zinco o di rame nello stato naturale, l'elettricità nell'uno e nell'altro sarà nulla, e 'l luogo del disco di zinco si ricava dalla equazione $\frac{n}{2} - (m - 1) = 0$, perchè si ha $m = 1 + \frac{n}{2}$, e quello del disco di rame si trae dalla corrispondente equazione $-\frac{n}{2} + (m - 1) = 0$, che parimente ci mostra $m = 1 + \frac{n}{2}$. E come il numero m dev'essere intero e positivo; così il numero n delle coppie dev'esser pari, affinchè si trovi nella colonna isolata un disco di rame o zinco, che sia nello stato naturale, o sia abbia zero elettricità. Anzi essendo eguale la distanza del disco di zinco e rame da' rispettivi poli, perchè l'uno e l'altro sia nello stato naturale, ne segue che si fatti due dischi debbono trovarsi giusto nel mezzo della colonna isolata, le cui coppie debbono perciò essere di numero pari.

9. In questo modo formò il Volta la colonna, e ne dichiarò il primo la teorica ch'è stata generalmente ricevuta, e che giungerà forse a maggior perfezione allorchè saranno meglio conosciuti gli effetti varj e numerosi di questo prodigioso strumento. Egli il primo costruì l'apparecchio elettromotore a colonna, come ve-

desi nella *fig.* 2, e la variò come si osserva nella *fig.* 5. Poichè introdusse nei bicchieri *A. B. C. D.* mezzo pieni di acqua salata o acidula un arco metà rame *r*, e metà zinco *z* saldati insieme. In questa maniera in *A* è il solo braccio *r*, e in *D* il solo braccio *z*, ma in *B* e *C*, o in altri intermedj, se vi fossero, hanvi due diversi metalli *r* e *z* separati da uno strato aquoso. Un sì fatto apparecchio, che opera al par della colonna, fu chiamato dal Volta *a corona di tazze*. Ma dopo il Volta fu la colonna composta di coppie di forma diversa e dimensioni diverse. La colonna ch'era verticale si pose orizzontale in un cassetto, in cui le coppie rame e zinco sono incastrate in cellette, e divise tra loro dal liquido acidulato⁵. L'acido nitrico poi ed il solforico sono da preferirsi ad ogni altro per acidulare l'acqua, nella quantità di 1/20 del peso di questa; giacchè l'acqua così acidulata è la sostanza la meglio conduttrice, e come tale rende più energica la colonna o pila di Volta⁶. Per lo che si può questa con più facilità maneggiare e

⁵L'apparato così disposto è noto sotto il nome di *elettromotore a truogoli*. — *Gli Editori*.

⁶La proporzione di 1/20 di acido, il quale si mescola all'acqua che deve servire per la pila, è la migliore per dare alla medesima un grado di conduttricità abbastanza buono, senza che l'azione chimica diventi molto grande per corrodere le piastre dell'apparato. — *Gli Editori*.

rendere più attiva.

10. Costruite si sono delle batterie coll'ajuto di più colonne, che comunicano tra loro per mezzo di verghe metalliche, che dal polo di una vanno al polo opposto dell'altra. Ma le migliori batterie sono oggi formate da dischi di gran superficie, e famose sono quelle di Children, Silliman e Davy. La batteria del Reale Istituto di Londra è composta di 2000 coppie rame e zinco, la cui superficie giunge a 12800 poll. quad., e le lamine di quella formata dal Children nel 1815 hanno ciascuna 32 piedi quadrati di superficie. Lo stesso Children raddoppiò di poi l'energia della sua batteria, congegnando l'apparato in modo che la lamina di zinco si trovi in tutte le celle immerse nel conduttore umido tra due lamine di rame. Indi si è l'uso introdotto di costruire le batterie con lamine di zinco circondate da una lamina di rame raddoppiata. Così è la batteria che chiamasi d'Accum, e così è quella del nostro gabinetto. In *AB* (*fig. 3*) ciascuna lamina di rame gira e si raddoppia, formando una celletta, in cui si colloca l'acqua acidulata, e in *CD* stanno appese le lamine di zinco, a ciascuna delle quali è attaccato un arco di rame. Quando si vuol mettere in attività un sì fatto apparecchio si abbassa il cilindro di legno *CD*, e con esso le lamine di zinco, che vanno ad introdursi nell'acqua acidulata tra due lamine di rame di egual figura, ma di minor grossezza, o sia in una lamina di rame raddoppiata. In questo modo le lamine metalliche elettromotrici non comunicano pel contatto delle loro facce, ma per l'intermedio di un arco di rame, che con una estremità è saldato alla lamina di zinco, e

coll'altra va a toccare un punto della faccia esterna della lamina di rame della coppia vicina. Sicchè comunicando zinco e rame il liquido introdotto negl'interstizj fa le veci di cartone bagnato, o meglio di liquido nelle corone di tazze⁷.

⁷Oltre gli *elettromotori a doppio rame*, di cui qui fa parola l'autore, si sono costrutti i così detti *elettromotori a spira*. Una coppia d'un apparato a spira consiste in due lamine di rame e zinco sovrapposte l'una all'altra e tenute separate a picciola distanza da funicelle di canapa, indi rotolate assieme sotto la forma cilindrica. Le coppie si congiungono con archi metallici. Novellucci ha pensato di avvolgere la lamina di zinco in un pannolino che rinchiude così disposta fra le lamine di rame in comunicazione fra loro.

Le cause che rendono questi elettromotori più attivi degli ordinarj, sono due: la prima consiste nell'offrire all'elettrico che si sviluppa un cammino più breve e più ampio pel liquido interposto fra le lamine; la seconda dipende dall'essere la lamina di rame più estesa di quella di zinco, e questa vi contribuisce di più dell'altra. L'energia dell'elettromotore cresce notabilmente e con rapidità, portandosi la superficie bagnata della lamina di rame fino ad essere ottupla e decupla di quella di zinco; al di là di questo termine crescono ancora sensibilmente gli effetti dell'apparato, finchè la lamina bagnata sia 30 in 40 volte più estesa di quella di zinco, ma

11. La colonna del Volta in sostanza non riducesi che ad un aggregato di più coppie di due metalli diversi, che comunicano tra loro per via di una sostanza umida. Si è quindi ricercato prima se al corpo umido si possa sostituire uno asciutto, o meglio uno in cui l'umidità non sia manifesta. Si è inoltre investigato se sia necessario il contatto di due metalli diversi. E finalmente se senza umido e coll'ajuto solamente del calorico si possa ottenere la carica della colonna. Tutte queste ricerche si sono istituite da più fisici in più tempi, e finalmente sonosi ricavati alcuni fatti che degni sono di considerazione⁸.

molto lentamente. Proseguendo ad ingrandire ulteriormente la parte bagnata della lamina di rame aumenta ancora l'energia della coppia, ma incomparabilmente meno di prima. Che se viene aumentata invece la lamina di zinco, l'accrescimento d'energia è incomparabilmente minore che ne' casi precedenti, e cessa bentosto. In generale accrescendosi la lamina elettro-negativa si aumenta l'energia dell'apparato, o la forza di produzione; il che ci sembra un argomento in favore del sistema d'un sol fluido. — *Gli Editori.*

⁸Parlando degli elettromotori non si deve obbliare la *pila secondaria* immaginata da Ritter. Consiste questo apparato in una colonna o pila formata soltanto di dischi di rame o d'altro metallo alternati con altrettanti di carta bagnata. Essa non manifesta in sè alcun segno di corrente elettrica:

ma se per pochi minuti si mettono in comunicazione le sue estremità rispettivamente coi due poli d'un elettromotore voltiano in modo che la nuova pila faccia parte del circuito, si trova che in essa continua la circolazione dell'elettrico anche quando è abbandonata a sè medesima. Varie sono le opinioni dei fisici intorno alla cagione di questo fenomeno, le quali si trovano discusse dal prof. Marianini in una sua *Memoria* inserita nel *Giornale di Brugnatelli*, ec., bimes. IV. Pavia 1826.

Grande analogia col fenomeno delle pile secondarie ha una proprietà particolare dei conduttori metallici, in confronto dei conduttori liquidi. Ecco i risultamenti che si sono ottenuti in proposito:

1. I corpi solidi che hanno servito di conduttori all'elettrico, acquistano, posti in circostanze opportune, la proprietà di dar nascimento ad una corrente, proprietà che De La-Rive chiama potere *elettro-dinamico*.

2. Questi conduttori non possono acquistare e sviluppare un tal potere, se non quando una porzione di circuito rinchioda un liquido conduttore non metallico.

3. I conduttori liquidi posti nelle stesse circostanze non sono suscettibili, come i solidi, d'acquistare questa proprietà.

4. Tutte le circostanze che accompagnano la produzione del fenomeno sembrano condurre alla conseguenza, che la corrente si stabilisce nei conduttori per uno squilibrio del

12. E primieramente è stata formata quasi nel medesimo tempo dal De-Luc e dallo Zamboni una colonna o, come dicesi, una *pila a secco*. La costruì il primo di girelli di zinco o di latta, cui erano incollati de' corrispondenti girelli di quella carta che dicesi *dorata*, la quale è ricoperta di un sottilissimo strato di rame. Di modo che lo zinco o la latta e il rame erano i due metalli in contatto, e la carta il corpo intermedio. In diverso modo immaginò lo Zamboni le sue pile a secco, tra le quali la più efficace è quella che formasi da un gran numero, o sia di 1000, o più pezzetti di carta inargentata, o sia coperta di stagno sopra una faccia, e smaltata sull'altra di uno strato di ossido di manganese polverizzato. Questa pila poi è coperta in tutta la superficie da uno strato di mastice ben compatto, che la difende dall'azione dell'aria che potrebbe alterarla colla sua umidità e temperatura (Vedi l'opera di Zamboni, *Elettromotore perpetuo*).

Lo stesso Zamboni formò una pila con un ammasso di soli pezzetti di carta inargentata, quali ci vengono dalla fabbrica, disposti in modo che ciascuno colla faccia, su cui è incollato lo

fluido naturale a ciascuna molecola, o secondo i dualisti per una decomposizione e ricomposizione successiva, e che esiste nei conduttori solidi una forza coercitiva per la quale può mantenersi, durante un certo tempo, nello stato elettrico che loro è stato impresso pel passaggio della corrente. — *Gli Editori.*

strato metallico, tocchi la faccia nuda dell'altro. La pila in questa guisa risulta da due soli elementi: cioè da uno strato metallico e da un corpo umido, o sia dall'umidità contenuta nella carta. E com'è composta di due soli elementi metallo ed umido, vien chiamata dallo Zamboni *pila binaria*. Or sebbene pare a prima vista che le sostanze metalliche ed umide per la legge generale del contatto sieno elettromotrici, al par di due metalli diversi; pure il Professor di Verona a dichiarar la pila binaria reca innanzi alcune sue idee che sviluppate si trovano nell'opera citata. Dobbiamo solamente qui notare ch'ei situando un pendulo in mezzo a due pile a secco verticali, una delle quali abbia il polo superiore positivo e l'altra negativo, imita l'apparenza del moto perpetuo; perciocchè facendosi toccare il pendulo con uno de' poli, poi continua da sè ad oscillare in mezzo ai due poli, da' quali è attratto e respinto per le due opposte elettricità⁹.

⁹Un'applicazione ingegnosa di questo principio è la costruzione dell'*elettroscopio a pila*. Una foglia d'oro pendente da un cilindretto metallico dentro in una piccola campana, come nell'elettrometro ordinario, si trova ad eguale distanza frammezzo ai poli contrari di due pile assicurate perpendicolarmente sul fondo della campana medesima. La più piccola dose di elettrico positivo o negativo, di cui si carica la foglia d'oro, determina la foglia stessa a portarsi verso il polo superiore di una o dell'altra pila; e dall'accostarsi quella piuttosto

13. Dall'esperienze dello Schweiger, registrate negli *Annali di Chimica* (tomo III, pag. 418), erasi ricavato che il calore favorisca e produca lo svolgimento dell'elettricità tra i metalli. Ma meglio si è ciò osservato dal Dessaignes, ch'è giunto a costruire una pila con dischi di un solo metallo, ma che si trovano a temperature diverse; e dal Seebeck, che stabilì una corrente elettrica in un complesso di verghe metalliche saldate insieme, turbando tra queste l'equilibrio del calorico (Vedi *Annali di Chimica e Fisica*, tomo XXIII, pag. 199). Indi è nata la denominazione di apparato *termo-elettrico*, per distinguerlo da quello del Volta, che dicesi, a cagione dell'intermezzo umido, *idro-elettrico*. Ora ad oggetto di esaminare gli effetti termo-elettrici han dirizzato Oersted e Fourier molti esperimenti che si trovano descritti nel tomo XXII degli *Ann. di Fis. e Chim.* pag. 375.

L'apparecchio ch'essi posero in opera risulta da più verghe di bismuto e antimonio saldate, che formano un circuito, come si osserva nella *fig. 6, 7, 8*. Nella *fig. 6* i lati *ab, cd* sono di bismuto, *ac* e *bd* di antimonio. Nella *fig. 7* una metà *ABD* è di bismuto, *ACD* di antimonio, ed il contorno ha una lunghezza quasi doppia del circuito nella *fig. 6*. Nella *fig. 8* il circuito ha quasi la stessa

sto all'uno che all'altro dei poli, si desume la specie di elettricità del corpo che si sottopone all'esperienza. — *Gli Editori.*

lunghezza di quello nella *fig.* 7, ma è formato di quattro alternative o di quattro elementi termo-elettrici *a*, *b*, designando *a* l'antimonio, e *b* il bismuto. Può finalmente il circuito essere rotto come nella *fig.* 9, dove il metallo *a* è combinato con due pezzi *b* dell'altro. Questi circuiti si collocano sopra de' sostegni in un piano orizzontale, e se ne turba l'equilibrio di temperatura scaldando colla fiamma di una candela le saldature, o pure all'inverso raffreddandone alcune col ghiaccio, che si fonde, o pure alcune raffreddando ed altre riscaldando.

14. Ora sperimentando con un circuito di più elementi, si accorsero che gli effetti termo-elettrici ivano aumentando, come raffreddavansi prima 1, poi 2, 3, ec., saldature o congiunzioni. Così in un circuito di sei elementi, operando sopra una saldatura, si è ottenuto l'effetto di 9° , sulle due prime di $13^\circ \frac{3}{4}$, sulle tre prime $18^\circ \frac{1}{2}$, sulle quattro prime 22° , su cinque $25^\circ \frac{2}{3}$, sulle sei insieme $28^\circ \frac{2}{3}$. Ma da questa e da tante altre simili esperienze ricavarono che l'effetto prodotto dalla prima saldatura raffreddata è rappresentato quasi esattamente dal doppio quoziente, che risulta dividendo pel numero degli elementi accresciuto di una unità l'effetto totale che produce il circuito, quando tutti i suoi elementi sono in attività. Di fatto 9° è presso a poco il doppio quoziente di $28^\circ \frac{2}{3}$ diviso per $6+1$. Ma tutti gli altri effetti che provengono dal numero diverso delle saldature raffreddate, si avvicinano molto al valore del quoziente semplice, sebben pare che formassero una serie alquanto decrescente. Così $13^\circ \frac{3}{4}$ risulta da 9° e da $4^\circ \frac{3}{4}$, ch'è quoziente semplice presso a

poco di $28^{\circ} \frac{2}{3}$, per $6+1$, e $18^{\circ} \frac{1}{2}$ da $13^{\circ} \frac{3}{4}$ e da $4^{\circ} \frac{3}{4}$ quoziente del pari semplice delle stesse quantità, e così successivamente.

15. La seconda osservazione, che fu ricavata da molti esperimenti istituiti con un numero di verghe sino a 22 di bismuto ed altrettante di antimonio con dimensioni diverse, si fu che l'intensità della corrente termo-elettrica aumenta col numero degli elementi, allorchè la lunghezza del circuito resta la stessa, come avviene nella *fig.* 8 riguardo alla 7; ma che diventa più debole a misura che la lunghezza cresce, come si vede nella *fig.* 7 riguardo alla 6. Per lo che questi due effetti si compensano, e si può riguardare come una legge, se non esatissima, molto vicina all'esattezza, che l'intensità di un circuito è proporzionale al numero de' suoi elementi, ed in ragione inversa della lunghezza del circuito¹⁰.

¹⁰Fin sul finire dello scorso secolo Volta aveva scoperto che un corpo diventava in istato elettrico venendo riscaldato ad una sua estremità. In seguito il fenomeno della tormalina e di molte altre sostanze, che si elettrizzano in causa d'un cambiamento di temperatura, servì a confermare con un gran numero di fatti la scoperta del Fisico italiano. Ma l'azione delle correnti elettriche sull'ago calamitato fecero fare nuovi progressi a questo ramo dell'elettricità. In generale la differenza di temperatura nei due punti di congiunzione di due differenti metalli, che formano un circuito, determina il singolare fenomeno della circolazione elettrica, il quale non si

può pienamente dichiarare, se prima non si conoscono il modo e le leggi che seguono le correnti elettriche nell'agire sull'ago calamitato.

I fenomeni termo-elettrici si possono ridurre allo stesso principio di Volta dell'elettricità per contatto. Imperciocchè in essi pare che il calorico sia una causa accidentale, e non una forza che dia un'impulsione all'elettrico. Noi sappiamo infatti che la forza elettromotrice esiste al contatto di tutti i corpi, e per conseguenza esiste anche al contatto del bismuto e dell'antimonio; ma nell'apparato termo-elettrico, essendo la temperatura e tutte le altre circostanze dei corpi a contatto dappertutto eguali, le forze elettromotrici devono necessariamente essere eguali in ciascuna congiunzione o saldatura; che se una causa qualunque, come la variazione di temperatura, dà ad una di queste forze elettromotrici la prevalenza, all'istante succede lo squilibrio e si effettua la corrente elettrica. Siccome dai due corpi che formano il circuito termo-elettrico, quello ch'è elettro-positivo ad un certo grado di calore, può diventare negativo sotto un altro grado; così è mestieri che il riscaldamento o il raffreddamento sia sempre diretto verso quel metallo in cui si possa per tal modo accrescere sempre più la facoltà elettromotrice che possiede a contatto coll'altro.

Alcuni fisici hanno stabilito nei metalli l'ordine secondo

Descritti questi apparati elettromotori, sono da sapersi gli effetti che producono, e da mettersi in confronto l'apparato del Volta col termo-elettrico.

CAPO II. — DEGLI EFFETTI DEGLI APPARATI ELETTROMOTORI.

Gli effetti che produce la pila di Volta, furono da prima divisi in fisici, fisiologici e chimici; e di tutti e tre andremo parlando in questo capitolo.

cui si elettrizzano positivamente o negativamente nel circuito termoelettrico. Ecco l'elenco ricavato da alcune esperienze istituite in proposito, nel quale ciascun metallo è elettro-positivo con tutti quelli che lo seguono, ed elettro-negativo con tutti quelli da cui è preceduto:

1 Bismuto	6 Cobalto	11 Radio	16 Carbone
2 Mercurio	7 Manganese	12 Ottone	17 Piombaggine
3 Nicolo	8 Argento	13 Rame	18 Ferro
4 Platino	9 Stagno	14 Oro	19 Arsenico
5 Palladio	10 Piombo	15 Zinco	20 Antimonio

Gli Editori.

Esperimento I.

Adattandosi l'estremità di due fili sottilissimi di ferro, l'una al polo zinco della colonna isolata, e l'altra al polo rame, sostengono prima i capi liberi con pinzette, e conduceteli poi a piccola distanza l'uno dall'altro; osserverete così che i due fili pria di venire al contatto corrono l'un verso l'altro, e aderiscono in modo che non si possono separare senza qualche piccolo sforzo.

Esperimento II.

Ove si metta in comunicazione il polo α della colonna (*fig. 2*) col piattello raccogliitore del condensatore, e poi innalzato il piattello si tocchi con questo il bottone dell'elettroscopio a pagliuzze, si vede che queste divergono per elettricità positiva; giacchè avvicinato il vetro strofinato si apron di più, e colla ceralacca strofinata si chiudono.

Ma se la colonna fosse isolata, i segni elettroscopici riuscirebbero debolissimi.

Esperimento III.

Mettendosi in comunicazione il polo zinco di una colonna coll'interna armatura di una boccia di Leida, o pure di una batteria, si osserva che quella e questa quasi istantaneamente si carica, e spesso in un 1" acquista la stessa tensione della pila corrispondente a 2°, 3°, e 4° dell'elettroscopio a pagliuzze.

Quando poi la boccia o batteria si scarica, produce quegli stessi effetti che suol produrre quando l'una e l'altra è carica dell'elettricità eccitata per istrofinio.

16. Questi esperimenti ci danno a vedere che l'elettricità che si eccita collo strofinio si svolge del pari per via del contatto, giacchè produce gli effetti medesimi nelle macchine e nelle pile. Si hanno di fatto attrazioni, ripulsioni, carica di batterie, e quel ch'è più, si vede negli elettroscopj che l'elettricità del vetro e della resina opera sull'elettricità eccitata dal contatto, nella stessa guisa che farebbe sopra un corpo qualunque elettrizzato positivamente o negativamente dalle macchine elettriche. Ma i segni elettroscopici e gli altri effetti fisici riescono più energici colla pila quando non è isolata. Poichè saltando l'elettricità dal polo zinco, per comunicarsi al condensatore o ad una boccia, subito quella che va è supplita dall'altra che viene dalle coppie sottoposte, e in queste dal suolo. E questo passaggio è tanto più rapido quanto più sono conduttrici le sostanze umide di cui la pila è formata. Però la quantità del fluido che si sviluppa dall'apparato elettromotore, è sommamente più grande di quella che può in egual tempo svilupparsi da qualunque macchina elettrica. Indi ha luogo la rapidità maravigliosa con che si caricano le batterie con sì fatto apparato. In questo senso una macchina elettrica è una pila che non ripara continuamente le sue perdite, e può solamente di tempo in tempo ricaricandosi fornire delle scariche successive; e la pila è una macchina elettrica le cui perdite continuamente si rifanno, e quindi ci porge una corrente continua.

17. Ma debolissimi sono i segni elettroscopici nella pila isolata, perchè in questa non trovasi libera che la sola elettricità ad essa propria e naturale. Questo si può meglio osservare per via

del condensatore quando tocca il polo zinco della pila isolata o non isolata. Allorchè il piattello raccoglitore tocca il polo zinco, sia che la pila fosse o no isolata, sempre è vero che cesserà di pigliare elettricità da questo polo, quando l'elettricità del piattello sarà in equilibrio con quella del polo zinco, e le tensioni del fluido nell'uno e nell'altro saranno eguali. Ora per esprimere la forza del condensatore relativa ad una pila è da prendersi prima la capacità del disco zinco separato dalla pila, e questa riferirsi poi a quella del piattello raccoglitore separato dal piano semicobente. E come queste due capacità sono proporzionali alle loro superficie; così a queste superficie sono proporzionali le quantità di fluido necessarie a produrre nel disco e nel piattello la tensione medesima. Chiamando adunque E la quantità del fluido nel piattello, ed e quella del disco, quando l'uno e l'altro hanno la medesima tensione, sarà $\frac{E}{e} = i$. S'indichi poi per q la forza assoluta del condensatore (tomo I, n. 370), e per na l'elettricità libera del polo zinco, esprimendo per a l'elettricità che in ciascun disco di zinco risulta libera pel contatto, e per n il numero delle coppie (num. 5): sarà quindi la forza condensante relativa alla colonna = qi , e la carica del condensatore $x = qina$, e facendo $a = 1$ sarà $x = qin$. Ma nella pila isolata siccome la tensione del polo zinco è x (num. 7); così la quantità di elettricità presa dal condensatore sarà qix . Però lo stato elettrico della pila dopo il tocco del condensatore viene a variare, ma sempre tutta l'elettricità sarà (num. 7) $2nx = n^2a$. Aggiungendo quindi a sì fatta quantità la carica del condensatore qix , la somma risulterà nulla, perchè la pila isolata non ha

che la sua elettricità naturale. Per lo che $qix + 2nx - n^2a = 0$, donde ricavasi $x = \frac{n^2a}{2n+qi}$, e la carica del condensatore qix risulta $= \frac{qin^2a}{2n+qi} = qina \cdot \frac{n}{2n+qi}$. E come la quantità $\frac{n}{2n+qi}$ è tanto più piccola quanto qi forza condensante è più grande; così la quantità $qina$, che è eguale alla carica del condensatore, quando la pila comunica col suolo, moltiplicata per questa frazione viene di molto a scemare. Di fatto sia $n = 30$, $q = 1$, $i = 120$ risulterà nella pila isolata la carica del condensatore $= \frac{qina}{6}$, o sia un sesto di quella che ha luogo nella pila non isolata. E in generale se pongasi infinita la forza condensante, fatta $a = 1$, la carica del condensatore nella pila isolata avrebbe per limite n^2 , là dove nella pila non isolata questa carica può crescere indefinitivamente (Vedi Biot, *Trat. di Fis.* tomo II, cap. 15, pag. 478).

Esperimento IV.

Se attaccasi al polo rame di una pila un'estremità di un fil di ferro, e l'altra si porta in contatto al polo zinco, si vede scappare la scintilla, e tante volte quante l'estremità va a toccare lo zinco¹¹. Se poi l'estremità del filo di ferro che si porta in contatto sia

¹¹I fenomeni descritti negli esperimenti precedenti dipendono principalmente dalla forza di tensione della pila; mentre quello che qui segue si attiene piuttosto alle forze di produzione e di propagazione. — *Gli Editori*.

armata di una sottilissima foglia di oro battuto, le scintille producono un'effettiva combustione del ferro, infiammano il gas idrogeno, il fosforo, lo zolfo, ec.

Esperimento V.

Poste due pile di egual numero di coppie degli stessi metalli, che comunicano tra loro colle stesse sostanze umide, se i dischi di una sono più ampi in superficie de' dischi dell'altra, quella che ha i dischi più larghi sarà più energica ad eccitare la combustione mandando più forti scintille. Che se all'ampiezza della superficie si aggiungerà l'aumento del numero delle coppie, produrrà la pila anche l'ignizione, la fiamma e la combustione. Però colle batterie del Children, del Pepys e del Davy le scintille mostrano la stelletta ed il pennacchio (tomo I; num. 363) dalla parte positiva o negativa; i fili di ferro e di platino sono fusi, e le foglie metalliche assottigliate al laminatojo si accendono e bruciano con colori diversi secondo la loro natura diversa.

18. A dichiarare questi fatti è da distinguere la densità o tensione del fluido dalla quantità che se ne sviluppa. Quella, come già si è detto (num. 5), dipende dal numero delle coppie; e questa, posto il contatto e la comunicazione così perfetti che si possono, è proporzionale alla quantità e alla superficie delle coppie (num. 5). Però due pile che sono formate dallo stesso numero di coppie, qualunque sia la differenza del diametro de' loro dischi, hanno la tensione medesima. Nasce da ciò che nelle pile ordinarie gli effetti che dipendono dalla sola tensione, come le scintille,

le attrazioni e i segni elettroscopici, non sono mai notabili e vivaci; e proviene egualmente da ciò che gli effetti che dipendono dalla tensione sieno eguali in due pile che hanno un egual numero di coppie, ancorchè la superficie de' loro dischi sia ineguale. Ma gli effetti che dipendono dalla quantità copiosa del fluido, si possono ottenere più d'ogni altro dalle pile a larghi dischi che hanno una gran superficie. Uno di questi effetti è l'ignizione; la combustione e la fusione de' fili metallici; perciocchè la gran copia del fluido che tutta s'introduce in questi fili per la loro perfetta deferenza, può operare l'infocamento e la fusione. Quindi più atti sono alla combustione le pile e le batterie a larghi dischi, che svolgono e mandano in maggior copia il fluido elettrico. Non è perciò da credersi che l'infocamento de' metalli si possa solamente mandare ad effetto dalle gran batterie, perciocchè ad effettuarsi basta che la lunghezza e la grossezza del filo si riducan piccolissime relativamente alla superficie dell'apparato. Di fatto un fil di platino è giunto ad infocarsi con una sola coppia di piccoli elettromotori, siccome è stato praticato dal Wollaston colla sua batteria elementare (Vedi *Annali* di Thomson, num. 33; e *Bibliot. univers.* tomo I, pag. 120). Tutto adunque dipende da' rapporti delle superficie elettromotrici colle dimensioni del filo¹².

¹²A dichiarare i fenomeni di cui in questo paragrafo fa parola l'autore, bisogna farsi un'idea chiara e distinta delle tre forze della pila e delle circostanze che concorrono ad aumentarle o a diminuirle (Vedi le note ai §§ 4 e 5). — *Gli Editori*.

19. Non è qui da tacere il famoso esperimento posto in opera dal Davy colla batteria dell'Institut (num. 10). Mettendo egli all'estremità de' fili, che formavano il circuito di quella batteria, due punte di carbone bene asciutto, osservò in prima che alla distanza di 1/23 di pollice si cominciarono a lanciare le scintille. Ma come le punte divennero ignite proseguirono le scintille, ancorchè una punta fosse dall'altra distante per 4 pollici. Il getto continuo di luce in queste scintille formava un arco, e mandava uno splendore, che quello vincea di ogni altra fiamma. Il calore poi che svolgeasi era capace di fondere le sostanze più refrattarie, come di fatto sciolse in vapore de' globetti di diamante e di piombaggine. Questi fenomeni ebbero ancora luogo nell'aria moltissimo rarefatta, in cui le punte di carbone allontanar si poterono sino alla distanza di 6 poll. Ma quel che reca più maraviglia, egli è, siccome abbiamo notato altrove, che sebbene l'esperienza fosse stata continuata quasi per un'ora, pure il peso del carbone non si trovò diminuito di una sensibile quantità: fenomeno che si avvera anche nell'infocamento de' fili metallici; giacchè questi, sia che s'inflammanno nell'aria atmosferica, o pure nella rarefatta, o in altri gas, non perdono mai peso.

20. Da questo singolare esperimento han saputo alcuni ricavare che la neutralizzazione delle due opposte elettricità che si fa nel circuito tra due punte o de' carboni o de' fili metallici, produca fuoco e luce, come a loro credere avviene nella scarica della

bottiglia di Leida; ma non si è potuto spiegare, nello stato attuale delle nostre cognizioni, come il carbone e i fili metallici coll'energia di tanto fuoco e calore non perdano peso. È questo un fatto che si lascia in riserva per aver la sua spiegazione nel progresso ulteriore delle fisiche conoscenze.

Esperimento VI.

Bagnate le mani di acqua salata o pure acidulata, si tocchi con una il polo rame e coll'altra il polo zinco di una colonna di 30, 40 e più coppie; allora si sente, all'istante che si forma il circolo, la scossa.

La scossa riesce più forte se toccansi i due poli tenendo in mano delle lastre o dei tubi di metallo bagnati di acqua salata.

A circostanze eguali la scossa è più forte quando la pila è isolata.

Se due persone facendo circolo tra loro colle mani bagnate toccano, l'una il polo zinco e l'altra il polo rame, avranno ambedue la scossa. Ma se più persone si diano la mano, o altrimenti comunichino tra loro per mezzo di conduttori, ricevono solamente una scossa sensibile agli estremi che toccano i poli.

La scossa è tanto più energica quanto è maggiore la deferenza de' corpi umidi interposti alla pila, e riesce più incomoda di quella di una bottiglia che abbia egual capacità e tensione.

Esperimento VII.

Se toccando con una mano bagnata il polo rame si mettono in comunicazione per via di una striscia umida o di carta o di

metallo le labbra e la lingua col polo zinco, si sentirà un sapore di solfato di ferro, e si vedrà luccicare un arco lucido simile al baleno. Si è notato che si sente sulla lingua il sapore acido o alcalino, secondo che il fluido elettrico entra o esce dalla lingua.

Portando dentro gli orecchi due fili metallici che si partono da' due poli, si sente una piccola scossa e un confuso suono o rumore.

21. Tutti questi ed altri simili effetti, che diconsi fisiologici perchè han luogo ne' nostri organi, si possono produrre egualmente coll'elettricità eccitata per via di confricazione (Vedi *Mem. sull'identità del fluido elettr. e galvanico*). Altra differenza non corre tra gli effetti dell'una e l'altra elettricità, se non quella che viene da modi diversi, com'è l'una e l'altra eccitata. La scossa che si sente colla boccia o colla pila proviene sempre dall'irritazione che producono ne' nostri organi il movimento ed il passaggio del fluido elettrico; ma colla boccia questo passaggio è istantaneo, e colla pila è pressochè continuo; e però ne risulta sentimento diverso. Questa continuità poi non è altro che una scarica rapidamente ripetuta, che nasce dal contatto de' metalli e dal congegno dell'apparato elettromotore. Poichè se questo non è isolato, ove si tocca colla mano il polo zinco, tutta l'elettricità della pila si mette in movimento, e si scarica a traverso degli organi e le braccia e le labbra, o la lingua o l'orecchie, ec., e produce gli effetti che si osservano negli esperimenti riferiti. Ma come i dischi della pila si vanno scaricando, per quanto abbiamo detto al num. 16, si tornano a caricare per mezzo dell'elettricità, che

ratta a loro corre o dal suolo o dalla mano che tocca il polo rame. Ma questa nuova carica succede più presto che non fassi la scarica a traverso degli organi animali, i quali sebben conducono molto più dell'acqua pura, sono ciò non ostante imperfetti conduttori. Per lo che la prima corrente di elettricità che si lancia dalla colonna è incalzata dalla seconda, e questa da un'altra, e così successivamente, e quindi la scossa riesce quasi continua, e continua la sensazione che eccita, e però più incomoda riesce di quella che si sente colla scarica di una boccia di Leida che abbia egual capacità e tensione. Se poi la colonna sia isolata, allora si stabilisce un circolo tra il suo polo positivo e negativo per mezzo degli organi. E sebbene questi sieno imperfettamente conduttori; pure come l'azione della scarica elettrica è tutta in loro concentrata, perchè non si divide tra essi e 'l suolo, ne viene che la scossa riesce più sensibile. Oltre di che è da considerarsi che lo slancio dell'elettricità facendosi dal positivo al negativo, succede più rapido e con più gagliardia. Indi a circostanze eguali la pila isolata produce una scossa più sensibile, che non fa la non isolata¹³.

22. Dalla maniera con cui rapidamente si carica e scarica la pila, si comprende benissimo che alla sua energia molto conferisce la deferenza delle sostanze conduttrici; perciocchè quanto

¹³I fenomeni fisiologici dipendono principalmente dalla forza di tensione. — *Gli Editori*.

più queste sono conduttrici, tanto più presto circola la corrente elettrica. È questa la ragione per cui le mani debbono essere bagnate per aver la scossa, e questa diviene più forte quando si toccano i poli con strisce o tubi di metallo bagnati. Giacchè quanto più deferente e ampio è il corpo in cui deve insinuarsi, per cui deve muoversi e donde deve sgorgare la corrente, tanto più facilmente vi s'insinua, muove e ne sgorga. Solamente è da notare che sgorgata ch'è la corrente, si debba, dirò così, restringere ne' luoghi in cui si vuol produrre un effetto sensibile, affinchè ristretta si addensi e concentri, e sia atta così ad operare con più energia. Indi è che tra un circolo di più persone sentono solamente la scossa quelle che, stando alle due estremità, toccano i poli; giacchè in queste due uscendo ed entrando trovasi principalmente addensata e ristretta la corrente elettrica.

23. Formandosi il circuito tra l'uno e l'altro polo della colonna, si è osservato che tutti i corpi i quali impediscono la scarica nella boccia di Leida, la impediscono del pari nella pila del Volta. Ma trattandosi di conduttori imperfetti, l'Ermanno nel 1807 distinse questi in più ordini. Come vide che alcuni serrano il circuito, ma presentano nella loro lunghezza due bande opposte pe' loro effetti elettrici; così chiamò tali corpi *bipolari*. Altri poi che non impediscono il circuito, ma conducendo il positivo isolano il polo negativo, o all'inverso li distinse col nome di *unipolari positivi* o *negativi*. L'esperienze dell'Ermanno furono variate in più modi dal Configliachi e dal Brugnatelli, ed altre verità ne ritrassero. Si accorsero che i corpi o bipolari o unipolari, quando

formano circuito tra i due poli, conducono sempre da un polo all'altro una porzione di elettricità, lasciandone un residuo maggiore o minore: ma che quando sono soli nel circuito conducono in maggiore o in minor copia una specie di elettricità a preferenza dell'altra. Ed in generale stabilirono che i corpi imperfettamente conduttori si possono dividere in due ordini: l'uno di quei che costantemente e in qualunque posizione conducono a preferenza l'elettricità di un polo, ed esaltano la tensione di questo; e l'altro di quei che secondo le circostanze diverse preferiscono l'una e l'altra elettricità. Così a differenza di tanti altri corpi la fiamma del fosforo conduce costantemente il polo negativo, e quella del gas idrogeno invariabilmente il positivo (V. *Giorn. di Fis. e Chim.* del Brugnatelli, tomo I). Ora gli organi degli animali sono conduttori imperfetti, e forse conducono più presto la positiva che la negativa elettricità. E di ciò forse avviene che si sente più forte la scossa, quando posta in contatto una mano col polo zinco si va a toccare coll'altra il polo rame della colonna.

24. Conosciuta l'azione dell'elettricità eccitata pel contatto de' metalli, ben si comprende perchè la rana preparata alla maniera del Galvani forte si venga a scuotere e a convellere. Nè tampoco debbono recar meraviglia gli effetti che si producono su i cadaveri degli uomini e degli animali. Aldini ed Ure coll'ajuto della pila eccitavano su i cadaveri i movimenti delle braccia, delle mani, delle gambe, del capo, della lingua; ristabilivano eziandio la respirazione, e davano quasi a vedere che gli uomini e gli animali riprendeano la vita. E tutti questi prodigi non erano che

irritazioni de' nervi o muscoli corrispondenti cagionate dalla corrente elettrica della pila. Dev'essere a chiunque in fine manifesto, come l'elettricità della colonna in mano di un valoroso medico possa guarire de' morbi che vengono da atonia, e come giovar possa ne' casi di asfissia, in cui le forze vitali vogliono essere prestamente stimulate.

25. Cade qui in acconcio di fare un cenno di quattro pesci elettrici, quali sono la torpedine, l'anguilla di Surinam o ginnoto elettrico, il siluro e 'l tretodon elettrici. Questi pesci hanno la proprietà di dar delle gagliardissime scosse elettriche, e quel ch'è più, di dirigerle a volontà sopra un punto senza far circolo o catena (V. Humboldt, *Mem. sul ginnoto elettrico*). Volta il primo e gli altri fisici dopo di lui han considerato sì fatti pesci non altrimenti che pile. Poichè osservandosi che gli organi che sviluppano in quei pesci il fluido, son formati di cellette piene di materie gelatinose, si crede che per una reazione delle parti muscolari sulle gelatinose si produca lo svolgimento dell'elettricità. E per ispiegare una sì fatta reazione si porta opinione che molto influiscono i nervi ed il cervello; ma in verità una sì fatta influenza non è ancora ben conosciuta, e s'ignora come quella supposta reazione si venga ad operare.

26. Esposti gli effetti fisici e fisiologici che si operano dalle pile di Volta, è giusto di notare: 1.º Che colla pila a secco non si possono ottenere che alcuni degli effetti fisici, e non già i fisiologici. 2.º Che coll'apparato termo-elettrico non si è potuto si-

nora avere alcun segno elettrico cogli elettroscopj nè col condensatore, nè si è cavata scintilla, nè si è potuto infuocar alcun filo metallico. 3.° Che il circuito termo-elettrico non ha potuto sinora eccitare alcun sapore sulla lingua, e solamente ha prodotto una leggerissima scossa in qualche ranocchia, simile a quella che producono due metalli poco differenti tra loro quando si mettono in contatto. 4.° Che i deferenti più attivi della corrente della pila di Volta sono deboli conduttori della termo-elettrica. Per lo che si è venuto nell'opinione che nell'apparato termo-elettrico la quantità dell'elettricità sviluppata sia maggiore, e la tensione minore di quella che si svolge dalla pila di Volta di una grandezza eguale. E come gli effetti fisici e fisiologici dipendono in gran parte dalla tensione, si comprende perchè la colonna di Volta più che l'apparato termo-elettrico vaglia quelli ad operare.

Esperimento VIII.

Preso un tubo alquanto lungo curvato nella forma di V, si empia di acqua, e s'introducano fin presso la piegatura gli estremi di due fili di ferro, uno de' quali comunica col polo zinco e l'altro col polo rame della pila; si vedrà che, posta questa in attività, il filo di ferro che comunica col polo zinco si ossida, e intorno all'altro si sviluppa il gas idrogeno. Ma se in luogo di fili metallici capaci di essere facilmente ossidati, si adoperano quelli di oro o di platino, si svolgeranno due gas ossigeno ed idrogeno, in quella proporzione che formano l'acqua. Se nel tubo pongasi una soluzione neutra di cavolo pavonazzo, si osserva che questa, nella branca corrispondente al polo positivo, di azzurro diventa rossa,

e quella della branca corrispondente al polo negativo diventa di azzurro verde.

Esperimento IX.

Posto un vaso di vetro $ABCD$ (*fig.* 10) in forma d'imbuto, si chiuda la sua apertura inferiore BD di un turacciolo ch'è attraversato da due fili di di oro o di platino f, g , isolati da piccoli tubi di vetro alti tre o quattro linee, paralleli e poco distanti tra loro; e questo turacciolo sia coperto di ceralacca, perchè restino i fili perfettamente isolati. Si empia indi il vaso di acqua, e si pongano sopra i due fili due piccole campane di vetro ob, cd piene parimente di acqua. Formato in questa guisa l'apparato, non resta che a mettere in comunicazione i due fili f, g co' due poli, perchè l'acqua si cominci a scomporre, e così i due gas ossigeno ed idrogeno si raccolgano nelle due piccole campane separatamente. La scomposizione dell'acqua ha luogo così colla pila isolata, che con quella non isolata.

27. Avvertiti i fisici e i chimici dell'energia che ha la pila di scomporre l'acqua, posero in opera la pila per altre scomposizioni. Berzelius ed Hisinger dimostrarono che se l'acqua ritiene sciolto un sale, l'acido di questo sale e l'ossigeno sono attirati dal polo positivo, mentre l'alcali e l'idrogeno corrono al polo negativo. E perchè sospettar non si potesse che gli acidi e gli alcali fossero nella materia dei vasi, Davy si servì di vasi d'oro e d'argento, e quell'esperienza rese con sì fatta precauzione certa ed esattissima. Si sono già scomposti gli alcali, molte terre e tanti altri corpi che contengono dell'ossigeno, che prima non si erano

potuti scomporre, e la colonna del Volta è diventato lo strumento più energico ne' laboratorj chimici. Per lo che in seguito di molte esperienze, e principalmente di quelle del Davy, si è stabilito che nella scomposizione delle sostanze per mezzo della pila i metalli, i corpi infiammabili, le terre e gli ossidi hanno sempre una tendenza a condursi verso il polo negativo, e l'ossigeno, il cloro, l'iodio e gli acidi al polo positivo. Guidato il Davy da sì fatti principj, ha fatto porre un pezzo di zinco in contatto colle foglie di rame di che si foderano i vascelli, e così ha impedito l'azione corrosiva dell'acqua del mare sopra quelle foglie; perciocchè il rame pel contatto dello zinco piglia lo stato negativo, e gli acidi che sono negativi rifuggono dal rame¹⁴.

¹⁴Il rame, con cui si sogliono foderare i vascelli destinati a solcare i mari, si combina all'ossigeno con tanta maggiore facilità in quanto che a contatto dell'acqua salata si mette in istato elettrico ed accelera la decomposizione di questo liquido e dei sali che contiene. Il metallo appunto combinandosi coll'ossigeno e cogli acidi risultanti da quelle decomposizioni forma delle sostanze più o meno composte e si consuma. Si pensò quindi di applicare il principio di Volta per mettere in istato il rame di non attrarre a sè l'ossigeno, e così preservare la fodera da quella causa distruggitrice. Il rame a contatto col ferro, collo zinco o collo stagno si elettrizza negativamente (V. la nota al § 3), e in questo stato, da quanto si è esposto, vien meno la sua tendenza di attrarre l'ossigeno e

ad essere corrosivo da questo potente agente. Si pensò quindi a circondare la fodera di rame del bastimento con una lista di ferro o di altro metallo elettro-positivo per rispetto al rame, con cui l'ossigeno e gli acidi risultanti dalla decomposizione dell'acqua salata intaccano il ferro stesso e lasciano intatto il rame, verso cui si portano bensì le sostanze alcaline ed il flogogeno (idrogeno), che non hanno il potere di corroderlo. Quest'idea sortì il più felice successo, ed ora la fodera di parecchi bastimenti è in tal modo fornita del metallo preservatore.

È mestieri però impiegare per questa difesa la porzione di ferro conveniente all'estensione della lamina di rame che copre il vascello. Poichè se la lastra di ferro è troppo piccola in confronto della fodera di rame, la corrosione di questa è soltanto diminuita. Che se il ferro eccede la giusta proporzione, allora si accelera la decomposizione, che produce altri inconvenienti.

Alcuni fatti consigliano d'impiegare a tale scopo una lamina di ferro che abbia l'estensione di 1/100 circa di quella del rame che deve proteggere. Il *Carnebea-castle*, vascello della Compagnia delle Indie, protetto da 1/110 di ferro nella primavera dell'anno 1824, dopo un viaggio alle Indie ed un notabile soggiorno nel Gange, è ritornato in Inghilterra colla fodera di rame netta e lucida, senza esservi attaccata sostanza alcuna. Il ferro, sebbene notabilmente consumato,

28. Molte ed incerte furono da principio le opinioni de' fisici per ispiegare la scomposizione dell'acqua, e gli altri effetti chimici della pila; ma oggi son tutti venuti nel sentimento che sì fatti fenomeni traggono la loro cagione dall'energia delle attrazioni e ripulsioni elettriche. L'azione della pila si vuole che scomponga il fluido naturale contenuto ne' corpi, e venga ad isolare l'una e l'altra delle due opposte elettricità in ciascuno degli elementi componenti. Però gli elementi elettrici positivamente sono attratti dal polo negativo, e da questo fortemente respinti que' che sono elettrici negativamente, ed all'inverso dal polo positivo sono attratti gagliardamente gli altri elementi elettrici negativamente, e respinti quei che forniti sono di elettricità positiva. I poli adunque opposti esercitano un'azione divellente sugli elementi così forte, che li separa, e separati corrono verso il polo, da cui sono attirati. Così i due elementi dell'acqua ossigeno ed idrogeno pigliano per l'azione della pila opposte elettricità, positiva questo, e quello negativa; e tutte le molecole dell'acqua che

era in grado di servire ad un secondo ed anche ad un terzo viaggio. L'*Yacht l'Elisabetta*, protetto nel maggio 1824 con ferro malleabile equivalente ad 1/125 del rame, si è trovato colla fodera di rame intatta nel novembre dello stesso anno, dopo aver percorso i mari durante quell'intervallo di tempo. Lo stesso avvenne di molti altri bastimenti armati del metallo preservatore. — *Gli Editori.*

sono interposte all'uno e all'altro polo della pila, facendo circuito, si dispongono in modo che l'elemento ossigeno si rivolga al polo positivo, e l'elemento idrogeno al negativo. Comincia allora ad operare la forza divellente de' poli e de' fili; e questa essendo più gagliarda sulle particelle dell'acqua che sono a loro in contatto, ha luogo la scomposizione. Basta che il polo positivo separi colla sua attrazione l'ossigeno dall'idrogeno nella particella che tocca, per iscomporsi immediatamente tutte le altre. Poichè staccato l'ossigeno della prima particella, questo o va ad ossidare il filo, o pure si svolge in gas, e l'idrogeno, che resta libero ed è elettrico positivamente, si unisce coll'ossigeno della seconda particella, che è elettrico negativamente, e l'idrogeno della seconda particella coll'ossigeno della terza, e così di seguito. In questa guisa van succedendo tante nuove scomposizioni e composizioni, finchè si giunga all'ultima particella dell'acqua ch'è in contatto col polo negativo. Qui l'idrogeno dell'ultima particella non trovando più ossigeno con che combinarsi, o si unisce al filo, o si svolge in gas. È in questa guisa e con sì fatto metodo che si scompone in progresso di tempo una anche notabile quantità d'acqua.

29. Questa spiegazione, che pare semplice e naturale, ha luogo anche colla pila quando non è isolata; giacchè basta l'azione sola del polo, ch'è carico di elettricità, per attrarre e divellere l'ossigeno; tanto più che l'azione di questo polo è molto più energica (num. 5 e 7) nella pila non isolata, di quello che sia nell'isolata. Quel che reca maraviglia, egli è che per mezzo

dell'esperimento IX si raccolgono i due gas ossigeno ed idrogeno in due vasi separati; perciocchè a poterlo spiegare è da supporre il trasporto di uno o dell'altro gas di un vaso all'altro, e non si sa con certezza in che modo ciò avvenga.

30. Dichiarata la scomposizione per mezzo della pila, si comprende in che modo questo strumento operi tutte le altre scomposizioni chimiche. Un acido qualunque lascia com'è elettrico negativamente la base con che è combinato, e si accumula al polo elettrico positivamente, mentre la base, ch'è elettrica positivamente, va al polo negativo, o pure a quello che è nello stato naturale, se la pila non è isolata. Così il solfato di soda è scomposto dall'azione della pila, e l'acido solforico va al polo positivo, mentre la soda si accumula all'altro polo. In questo cammino delle sostanze verso i due poli rispettivi non si manifesta alcuna affinità, quantunque s'incontrino delle sostanze affini. L'acido solforico ancorchè nell'andare al polo positivo incontri dell'ammoniaca, con cui è molto affine, non le si combina, ed è trasportato al polo positivo. Sono solamente la barite e la stronziana che arrestano e sono arrestate dall'acido solforico, come pure avvi l'acido idroclorico che trattiene ed è trattenuto dal solfato di argento, perchè credesi tali sostanze formare un composto insolubile che, impedendo le intermedie composizioni e scomposizioni, arresta il circuito. Ma da queste sostanze in fuori, tutte le altre non palesano la loro affinità in mezzo al loro cammino, ratte correndo ai rispettivi poli, da' quali sono attratte. Nasce da

ciò che l'azione degli acidi e degli alcali non si manifesta nel portarsi verso l'uno o l'altro polo, ma nel punto che vi sono arrivati. Indi la mutazione del colore nella soluzione neutra del cavolo detto pavonazzo dell'esperimento VIII comincia dalle parti del liquido che sono più vicine a' rispettivi fili.

31. Se la pila è capace di esercitare un'azione così potente sopra le sostanze che sono interposte a' suoi poli, deve essa ancora operare su i corpi umidi da' quali risulta, e produrre una modificazione al suo stato elettrico. Di fatto i dischi della colonna si trovano tutti ossidati, e debbonsi di continuo ripulire. Ma l'effetto principale che osservasi, egli è che le soluzioni de' sali neutri contrariano l'azione della pila, e l'acido nitrico o solforico dilavato la favorisce. I sali neutri si scompongono, e gli acidi vanno ad unirsi al metallo positivo, e gli alcali al negativo. E come gli acidi, giusta l'esperienze del Davy, nell'unirsi a' metalli dan loro elettricità, e gli alcali all'inverso ne pigliano; così viene ad imprimersi nella pila all'elettricità un moto contrario a quello che naturalmente ha, o sia formasi una pila in senso contrario. E però si diminuisce da prima il vigore della pila, e giunge poi sino a impedirsi il circuito. Non così avviene coll'acido nitrico o solforico. Questo si unisce a' metalli, e forma un solfato di zinco e di rame. E come il solfato di rame spinge l'elettricità nel rame, e quello di zinco l'attrae dallo zinco; così il moto dell'elettricità conspira per mezzo di questi sali colla direzione naturale della pila;

e però gli effetti durano a lungo e diventano energici¹⁵.

32. Finalmente si può dichiarare perchè l'azione della pila produca il sapore acido ed alcalino sulla lingua (esperimento VII), e come alcuni corpi preferiscano nel condurre (num. 23) l'elettricità di un polo più presto che di un altro. Poichè si può concepire benissimo che quei sapori dipendano dalla scomposizione che opera la pila de' sali contenuti nella saliva e nella sostanza animale vivente, e quella preferenza provenga dalla natura diversa de' componenti di quei corpi. La fiamma dell'alcool, secondo Brande, deve considerarsi come composta de' suoi elementi idrogeno e carbonio. E come queste sostanze sono attratte dal polo negativo, si caricano naturalmente di elettricità positiva. Posta quindi una sì fatta fiamma tra il polo positivo e l'elettroscopio, eccita una tensione, e i pendolini divergono; ma se è situata tra il polo negativo e l'elettroscopio, non può eccitare alcuna tensione. Il contrario avviene colla fiamma del fosforo ch'è acida, e però è naturalmente elettrica negativamente. Ma intorno

¹⁵L'ossidazione delle piastre cambia la facoltà elettromotrice relativa di ciascuna coppia (nota al § 5), e tende a rendere elettro-negativa la piastra ossidata. Siccome lo zinco, come elettro-positivo, è la piastra verso cui si porta l'ossigeno; così l'ossidazione che vi produce diminuisce in esso la forza elettromotrice: è questa una delle cause per cui una pila col tempo va diminuendo in energia. — *Gli Editori*.

a questo fenomeno non è da tacere che altrimenti è stato dichiarato dal Configliachi e Brugnatelli, come si può vedere nella citata Memoria (num. 23).

33. Si è cercato in qual modo l'elettricità sviluppata pel contatto produca i fenomeni non che fisici e fisiologici, ma più d'ogni altro i chimici; e varie ipotesi si sono recate innanzi dal De-Luc, dall'Oersted e da altri. Ma quella che più d'ogni altra ha levato rumore, e degna è sembrata di maggior pregio, è stata l'ipotesi del Davy, che in seguito è stata più ampliata dal Berzelius nel *Saggio sulle propr. chim. e sull'influenza chim. dell'elettricità*. Davy adunque ripete i fenomeni tutti della pila dall'equilibrio o dal difetto d'equilibrio delle forze o energie elettriche. Costruita, dic'egli, una pila di rame e zinco, i dischi estremi acquistano una elettricità opposta, e perciò l'ultimo di zinco acquista un'attrazione elettrica verso il primo di rame. Si apra quindi per mezzo di una soluzione aquosa, per esempio d'idroclorato di soda, la comunicazione tra i due dischi estremi: l'ossigeno dell'acqua e l'acido idroclorico manifestano una forte attrazione per lo zinco, e l'idrogeno e la soda per quello di rame. Queste attrazioni, le quali non sono che chimiche, equilibrano le attrazioni elettriche de' due dischi. Ma come la soluzione in virtù delle attrazioni chimiche si scompone, si rompe l'equilibrio; e tornando a manifestarsi le attrazioni elettriche tra i due dischi estremi, torna il movimento dell'elettricità, e riappariscono i fenomeni chimici. Che ciò sia così, soggiunge il Davy, chiaramente apparisce da ciò, che quando il fluido intermedio non si può scomporre, o la carica

della pila è leggiera, mancano subito i fenomeni chimici, perchè l'equilibrio sussiste. Molte sono state le opposizioni ad una sì fatta ipotesi; ma il Davy si è ingegnato di rispondere, come si può vedere nella di lui *Filosofia Chim.* (Div. I, num. VII), in cui pone e fiancheggia tutte le sue idee. Sino a questo termine giungano le nostre cognizioni sugli effetti della pila del Volta, quando si scoprirono nuove ed altre proprietà delle correnti elettriche che han luogo per mezzo della pila¹⁶.

¹⁶Gli effetti prodotti dall'elettrico eccitato da una batteria di Volta, a cui noi aggiungeremo anche quelli prodotti dallo stropicciamento, sono divisi dall'autore in tre classi: cioè in *effetti fisici, fisiologici e chimici*, i primi dei quali erano chiamati nel testo palermitano col nome di *elettrici*; denominazione generica, come appartenente anche alle altre due classi, e perciò impropria. A queste tre classi si ha da aggiungere una quarta, che comprende gli *effetti meccanici*.

1. Fra gli *effetti meccanici* dell'elettrico prodotto collo stropicciamento si comprende: il laceramento d'un pezzo di legno, la rottura d'un vaso pieno d'acqua, lo spezzamento d'una lastra di vetro e simili, il traforare un cartone, una lastra di cristallo ed altre sostanze, il fenomeno del *mortajo elettrico*, il trasporto di materia ponderabile, ed altri somiglianti effetti di movimento e di traslocamento di sostanze. Quelli prodotti dall'elettrico sviluppato dalle pile voltaiche sono:

l'oscillazione del mercurio, e il trasporto delle soluzioni saline a traverso il mercurio per mezzo della corrente elettrica. Un tubo di cristallo, configurato alla foggia di V, sia in parte pieno di mercurio, e da un lato soprannuoti a questo liquido dell'acqua salata. Mettendo in comunicazione il mercurio dalla parte dell'acqua salsa col polo positivo d'una pila, e dall'altra col polo negativo; la materia salina è trasportata dalla corrente a traverso il mercurio. Siccome questo effetto dipende principalmente dalla forza di tensione; così è mestieri impiegare un elettromotore formato almeno di 100 coppie. Il cambiamento di livello che subisce un liquido contenuto in un vaso diviso da un diaframma di sostanza porosa, come una pelle di vescica, è un altro fenomeno meccanico di questa specie. La corrente voltaica nel passare pel liquido dall'una all'altra capacità disturba il livello del medesimo, traendolo con sè nel verso del suo movimento, ed innalzandolo quindi dal lato ove corrisponde il polo negativo. Questi effetti di trasporto di sostanze decomponibili in virtù delle correnti voltaiche, sono accompagnati anche da effetti chimici. Gli effetti meccanici traggono origine principalmente dalla forza di tensione, e sono argomenti che favoriscono il sistema d'un sol fluido.

2. Gli *effetti fisici* prodotti dall'elettrico sono tutti quelli che generano un'elevazione di temperatura, delle fusioni, delle volatilizzazioni e dei fenomeni luminosi e magnetici: tali

sono il riaccendimento d'una candela appena spenta, l'infiammazione dell'etere, dell'alcoole, della polvere di colofonia, del seme di lycopodio, del fosforo, dell'accensione dell'esca, della polvere da schioppo e fulminante, ed altre sostanze combustibili; il riscaldamento, l'infuocamento ed anche la fusione di sostanze metalliche, come pure l'accensione del gas *flogogeno* (idrogeno) colla *pistola di Volta* e coll'*accendilume elettrico*, la scintilla elettrica, l'azione delle correnti sull'ago calamitato, ed altri somiglianti fenomeni. Gli effetti fisici dipendono più dalle forze di produzione e di propagazione, che da quella di tensione dell'apparato elettromotore.

3. *Effetti fisiologici* sono il titillamento, la scossa, il sapore acido ed alcalino che si sente sulla lingua, il lampo elettrico prodotto da una corrente che passa per l'occhio, ed altre somiglianti azioni sugli esseri organizzati. Questa classe di effetti prodotti dall'elettrico si attengono principalmente alla forza di tensione.

4. In fine si comprendono fra gli *effetti chimici* la decomposizione dell'acqua, dei sali, degli acidi ed altri simili fenomeni, com'è il cambiamento di colore prodotto da una corrente nelle tinture vegetabili. Questa sorta di effetti sono dipendenti dalla forza di tensione ed anche in qualche parte dalla dose e dalla velocità con cui l'elettrico trascorre nelle sostanze; le quali quantità nell'apparato elettromotore si attengono alla forza di produzione e di propagazione. — *Gli*

Editori.

DELL'ELETTRICITÀ DINAMICA¹⁷

Gli effetti della pila, di che sinora abbiamo tenuto parola,

¹⁷Confrontando gli effetti che si ottengono dalle calamite con quelli prodotti dall'elettrico, si ravvisano alcune relazioni che sembrano indicare nei due principj, da cui sono generati, una somiglianza d'azione e delle analogie, le quali fanno nascere tosto al pensiero la probabilità di poter ambedue le classi di fenomeni dipendere da una medesima cagione. Infatti i poli di diverso nome di due calamite si accostano (atraggono) o tendono a riavvicinarsi l'uno all'altro con più o meno forza secondo l'energia delle calamite medesime, e quelli delle stesso nome si discostano (repellono), o hanno una tendenza ad allontanarsi fra loro: e in ambidue questi casi come avviene dei corpi diversamente elettrizzati, e della tormalina che si elettrizza per mezzo del calore. I piccioli pezzi di ferro e d'acciajo acquistano il potere del magnetismo in virtù di scariche elettriche. Inoltre si sapeva che le aurore boreali, le quali probabilmente sono fenomeni elettrici, come pure le folgori esercitano una grande influenza sull'ago calamitato (Veggasi intorno ai rapporti di analogia fra l'elettricità ed il magnetismo l'opera di Van-Swinden stampata all'Aja nel 1784).

Due sistemi somiglienti furono immaginati per ispiegare tanto i fenomeni elettrici che i magnetici. Alcuni, secondo

Franklin, Volta ed Epino, ammettono l'esistenza d'un sol fluido suscettibile di condensazione e di rarefazione; altri, secondo Symmer, Coulomb e Biot, suppongono l'elettrico composto di due fluidi elementari simili nelle loro proprietà meccaniche, ma differenti nella loro natura, in modo che combinati assieme compongono un fluido neutro, che fa scomparire qualunque fenomeno elettrico. Con queste due ipotesi gli unitarj ed i dualisti formarono i sistemi meccanico e chimico, coi quali, come si è veduto, cercarono di spiegare tutti i fenomeni elettrici. Con ipotesi somiglianti appunto si suole rendere ragione dei fenomeni magnetici, facendoli dipendere da un solo fluido particolare detto *magnetico*, o da due fluidi di differente natura, detti l'uno *fluido boreale* e l'altro *fluido australe*, i quali combinati assieme si neutralizzano e fanno scomparire i fenomeni magnetici.

L'esistenza del fluido elettrico sembra meno ipotetica del magnetico: poichè il primo lo vediamo, lo tocchiamo e ci dà segni sensibili della sua presenza. Il fluido magnetico trae del misterioso, non potendosi nè vedere nè sentire, ed essendo la sua maniera d'agire interamente nascosta ai nostri sensi. Ma questi fluidi sono essi per ciò realmente differenti? Non potrebbe un solo agente produrre ambedue le classi di fenomeni? La serie dei fatti che si vanno esaminando nel corso di quest'opera, porterà una gran luce su tale questione, e forse potremo dedurre con convincimento che i due fluidi

sono stati dall'Ampère ridotti in due classi e distinti con due nomi diversi. Comprende nella prima le attrazioni, le ripulsioni, le scintille, ec., che provengono dalla tensione dell'elettricità accumulata ne' due estremi della pila. E come questi effetti suppongono l'elettricità in equilibrio tra la sua forza espansiva e la resistenza dell'aria o di altri corpi coibenti; così sono stati detti *elettro-statici*. Racchiude nell'altra le scomposizioni chimiche, l'elevazione di temperatura, la scossa degli organi, ec., che han luogo quando i due estremi della pila sono posti in comunicazione per mezzo di un sistema non interrotto di conduttori. E come in tale stato l'elettricità perde la sua tensione, e si muove liberamente per quel sistema; così gli effetti che da sì fatto movimento provengono sono stati chiamati *elettro-dinamici*, e l'elettricità che li produce *elettro-dinamica*. Ma se gli estremi della pila sono in comunicazione per mezzo di un solo filo conduttore, che dicesi perciò *coniuntivo*, come osservasi nella *fig.* 27, allora cessano gli effetti elettro-statici, e 'l filo conduttore si può toccare senza che alcun segno si tragga della sua azione. Ciò non per tanto egli è certo che in sì fatto filo abbia luogo trasporto e movimento di elettricità; perciocchè essendo permanente la cagione che eccita moto all'elettricità, ch'è il contatto de' metalli diversi, deve essa muoversi a traverso del filo e passare dall'uno all'altro estremo della pila. Però trovandosi l'elettricità ne' due estremi in due stati

sono identici nella loro essenza. — *Gli Editori.*

diversi, è da supporre che la positiva vada da C in Z nella pila e giri per ZAC nel filo conduttore, e la negativa al contrario si parta nella pila da Z per andare in C , e che ritorni per CAZ . Ma come queste due direzioni si fanno in senso opposto; così basta d'indicare quella della positiva per conoscere l'altra della negativa che avviene nel senso contrario. Suole d'ordinario indicarsi la direzione dell'elettricità positiva colla punta di una freccia, com'è quella di ab nella pila, e di cd nel filo conduttore. Veramente non si sa se le due elettricità si muovano insieme nel filo senza neutralizzarsi, ma è più probabile che il loro trasporto abbia luogo per una serie di composizioni e scomposizioni successive. In qualunque modo si può con ragione dare a questo trasporto particolare di elettricità il nome di *corrente elettrica*; in virtù della quale il conduttore, che riunisce i due estremi di una pila di Volta, acquista delle proprietà particolari che sono da reputarsi effetti dell'elettricità.

La prima tra le proprietà del filo congiuntivo che si conobbe, fu l'azione ch'esso esercita sulla direzione di un ago calamitato. Si ebbe il primo cenno di una tale azione nel 1802 da un'esperienza del Romagnosi da Trento, e poi dalle altre del Mojon. Ma nè queste nè quella attirarono l'attenzione de' fisici, e restarono infruttuose. Si ebbe quindi ad aspettare sino al 1820, perchè Oersted da Copenaghen mettesse in chiaro e dimostrasse con evidenza, come fece, l'azione delle correnti o del filo conduttore sulla direzione dell'ago magnetico. Pose questo professore una pila orizzontale in un piano parallelo al meridiano magnetico, o

sia alla direzione di un ago calamitato, ed aperta la comunicazione tra i due estremi della pila per mezzo di un filo congiuntivo ch'era vicino, ma più alto o più basso dell'ago, si accorse che questo ago immediatamente cangiava la sua naturale direzione, deviandone più o meno secondo che la corrente era più o meno energica. Se poi interrompea il circuito della corrente, l'ago ripigliava la sua naturale e primiera direzione; e se di nuovo apriva il circuito, di nuovo deviava. Se accrescevasi o pure diminuivasi l'energia della corrente, del pari accrescevasi o menomavasi la deviazione dell'ago. Ma osservava costantemente che, sia che l'angolo di deviazione fosse maggiore o pure minore, sempre l'estremità dell'ago, che si volge naturalmente al nord, si portava a sinistra della direzione della corrente elettrica; di modo che dalla deviazione dell'ago si può argomentare quale sia la direzione di quella corrente. Queste ed altre simili esperienze dell'Oersted, che a suo luogo saranno da noi riferite, rivolsero l'attenzione de' fisici ed in particolare dell'Ampère verso i fenomeni delle correnti elettriche della pila di Volta, e diedero il dritto d'indagare le azioni dei fili conduttori e delle magneti tra loro; e si giunse in fine a conoscere il rapporto che lega i fenomeni elettrici e magnetici. Per lo che la fisica si è oggi accresciuta della novella dottrina che chiamasi da alcuni *elettro-magnetismo*, che è diretta a dimostrare l'identità della causa del magnetismo e dell'elettricità. A spiegare quindi una sì fatta dottrina andremo noi dichiarando l'azione mutua de' conduttori voltaici tra loro, e quella tra le calamite e i conduttori voltaici, e in fine l'azione della

terra su questi e su quelle, affinchè si dia in ultimo a conoscere la novella teorica del magnetismo¹⁸.

¹⁸Quello stesso apparato, di cui vanta l'Italia il celebre inventore, la pila di Volta, che già arricchì la chimica e la fisica di tante importanti ed utili scoperte, e che si è trovato racchiudere in sè le forze per produrre non solo l'*elettrico* ed il *lumico*, ma ben anco il *calorico*; fissa ora un'epoca memorabile nei fasti della scienza, e nuova luce diffonde sulla teorica delle calamite producendo i *fenomeni magnetici*. In tal modo i così detti quattro fluidi imponderabili si trovano, in certo modo, tutti rinchiusi nel celebre apparato voltiano.

Già il ch. professore Mojon a Genova aveva osservato che *collocando orizzontalmente degli aghi da cucire assai fini e della lunghezza di due pollici (met. 0,054) e ponendone le due estremità in comunicazione con un apparato a corona di tazze composto di 100 vasi; a capo di 20 giorni ritirò gli aghi stessi un poco ossidati, ma nello stesso tempo magnetizzati con una polarità assai sensibile (Traité sur le Galvanisme, par Aldini. Paris, 1804, ediz. IV, pag. 191)*. Inoltre il prof. Romagnosi celebre scienziato italiano di Trento ha riconosciuto che *il galvanismo faceva declinare l'ago calamitato* (Vedi l'opera citata dell'Aldini, e la Gazzetta di Trento del 3 agosto 1802).

Questi due fatti rinchiudono il germe dei fenomeni verificati molti anni dopo da Oersted di Copenaghen e da Ampère ed Arrigo di Parigi intorno all'azione delle correnti

**CAPO PRIMO — DELL'AZIONE MUTUA DE' FILI CONDUTTORI
DELLA PILA DI VOLTA.**

Per mandare ad effetto l'esperienze con cui si dimostrano i movimenti che le forze elettro-dinamiche, o sia le correnti elettriche, tendono ad imprimere a' conduttori metallici, è di necessità che alcuni di questi sieno mobili. Però ad eseguire sì fatti

elettriche sull'ago calamitato, ed intorno al modo di magnetizzare coll'elettrico sviluppato dalla pila di Volta. Gli spiriti in quel tempo troppo distratti dagli avvenimenti che si succedevano con somma rapidità nel mondo politico, ed i fisici, occupati principalmente ad osservare i fenomeni chimici che si ottenevano collo stesso apparato voltiano, lasciarono sterili i fatti scoperti dai due italiani Romagnosi e Mojon; cosicchè questi fatti passarono inosservati sulla scena del mondo scientifico, in modo che altri ebbero l'onore di riprodurli in tempi più tranquilli e propizj, di studiarne tutte le combinazioni e di ben definirli, e di richiamare l'attenzione dei fisici sulle proprietà dei conduttori che stabiliscono la comunicazione fra le due estremità d'una pila di Volta, e su altri fatti che nacquerò dappoi, per farne soggetto d'occupazione dei più distinti sperimentatori d'Europa, ed il fondamento d'un ramo importante delle cognizioni umane, *l'elettro-magnetismo* o *l'elettricità-dinamica*. — *Gli Editori*.

esperimenti si è immaginata una macchina che risulta da un aggregato di conduttori fissi e mobili, che tutti comunicano tra loro e formano un circuito da un estremo all'altro della pila di Volta. Questa macchina, che si indica col nome di *elettro-dinamica*, è stata ridotta a perfezione nel 1826 dall'Ampère, e nel modo che da costui è stata migliorata, ritrovasi nel nostro gabinetto, ed è rappresentata nella *fig.* 11. Sulla tavola *gh*, che è rivestita di una vernice isolante, son collocate stabilmente tutte le parti dello strumento che son destinate a ridurre ad effetto le operazioni che sono comuni ad ogni esperienza. Indi si veggono i due fili *R*, *r*, che sono annessi a due estremi della pila voltaica, uno de' quali *R* si chiama il *reoforo positivo*, e l'altro *r* il *reoforo negativo*¹⁹. Vi hanno poi i due canaletti *A*, *a*, che meglio si osservano nella *fig.* 12. Questi canaletti ed altri simili, e tutti gl'incavi della tavola debbono empirsi di mercurio, affinchè possa liberamente camminare e comunicarsi la corrente elettrica. Vengono appresso i due pezzi *K*, *k*, ciascun dei quali è chiamato dai Francesi *la pièce à bascule*, o semplicemente *bascule*²⁰: essi sono formati da due piastre di rame isolate da legno inverniciato, ciascuno de' quali porta otto appendici. Quando *K*, *k*, sono orizzontali, la comunicazione

¹⁹*Reoforo* significa *porta-corrente*.

²⁰Che noi Italiani chiameremo il *pezzo ad altalena* o semplicemente *altaleno*, o meglio *bilico*.

della corrente è del tutto interrotta; ma quando si piegano a destra o a sinistra, danno alla corrente una direzione diversa. Così inclinando a destra il bilico K , le quattro appendici della destra comunicano con i canaletti A, B e cogl'incavi C, D ; e quando inclina a sinistra, le appendici corrispondenti comunicano cogli stessi canaletti A, B e cogl'incavi $D' C'$. Tutti quattro poi gl'incavi CC' o DD' comunicano per laminette a croce isolate (*fig. 12*). Nella stessa guisa il bilico k inclinato a destra o a sinistra comunica colle sue appendici, coi canaletti B, a e cogl'incavi c, d , o pure c', d' , mentre cc' e dd' comunicano tra loro.

L'incavo G (*fig. 11*) per via di una striscia di rame comunica colla cavità C' del bilico K , e perciò con C (*fig. 12*); e l'altro incavo H parimente per una striscia di rame comunica con D' , e perciò con D (*fig. 12*). E parimente nel bilico k comunicano c, c' per via di una striscia di rame che va per $o'O'$, in P (*fig. 11*); e dd' , con due canaletti semicircolari MN, mn (*fig. 12*), in cui per mezzo del mercurio, di cui son pieni, comunicano i due estremi del filo tw , che gira sopra dell'ago che si chiama il *galvanometro*. E però $d d'$ comunicano per via di strisce di rame con F, o, O (*fig. 11*).

Avvi in S una tazzetta, che si può alzare sopra la tavola o pure abbassarsi al di sotto per mezzo di una vite, ed S comunica per P con $O'o'$ (*fig. 11*). Comunicano ancora colle corrispondenti strisce di rame le colonnette ET, FU , che sono parimente di rame e riescono nelle due tazze X, Y , che separatamente vanno a comunicare colle piccole tazze sottoposte x', y' e x, y . Tutte le tazze in generale sono da empirsi di mercurio per le comunicazioni, e le

quattro inferiori hanno nel fondo un pezzetto di vetro, perchè a sì fatte tazzette si appendono o nella stessa verticale o in un modo orizzontale tutti i conduttori mobili, che sono forniti di punte, onde si possano con agevolezza muovere e girare. Ora in questo apparecchio uno deve essere il circuito voltaico, e in questo circuito debbono aver parte i conduttori fissi e i mobili, affinché si veggia l'azione ch'esercita la corrente del conduttore fisso sopra quella del conduttore mobile, e si mostri così l'azione che si esercita da una porzione del medesimo circuito sopra l'altra. Ma meglio si comprenderà l'artifizio e 'l meccanismo dell'apparato elettro-dinamico a misura che si andavano praticando l'esperienze. Solamente è da avvertire che nel ridurre ad effetto gli esperimenti, la tavola dev'essere isolante, e perciò non dev'essere bagnata, anzi con cura nettata interamente di mercurio; ed a quest'oggetto avvi il cassetto V, in cui pulendosi la tavola con una piuma può scorrere il mercurio, che nel mettersi ne' canali, nelle cavità e nelle tazze può per accidente cadere e spargersi su la tavola²¹.

Esperimento I.

Si ponga il conduttore *MNOP* (*fig.* 13) sulla tavola *gp* (*fig.* 11)

²¹Affine di ben intendere le diverse disposizioni della macchina descritta dall'Autore per le sperienze elettro-dinamiche, è mestieri averla veduta e disegnarne in grande a parte i differenti pezzi che la compongono.

in modo che le punte L, L, L, L del piano che lo sostiene vadano ad incastrarsi ne' buchi corrispondenti L della tavola, e le due estremità G, H del conduttore s'immergano nelle cavità corrispondenti della medesima tavola. Divenuto questo rettangolo un conduttore fisso, si sospenda verticalmente alle tazze x, y il conduttore mobile della *fig.* 14 per le punte x, y (*fig.* 11, 12, 13, 14). Disposti così il conduttore stabile e mobile, s'inclinino ambidue a destra i bilici K, k , e si metta il reoforo positivo della pila in attività nel canaletto A , e 'l negativo in a . La corrente allora passa da A in C , poi in C' , e quindi per la striscia di rame in G percorre il conduttore fisso $MONP$ nel verso MN , e uscendo per H scorre per $D'D$, in B , e quindi in $b't'$ per montare nella colonna ET , ed arrivando prima in X e poi in x , percorre il conduttore mobile giusta la direzione $xabcdefghiy$. Giunta nella tazzetta y monta in Y , e scendendo poi per la colonna UF gira il galvanometro tuw per indicare colla deviazione dell'ago il suo cammino, e riducendosi in d' va finalmente nel canaletto a , dov'è immerso il reoforo negativo e termina il circuito. Ora in tale giro della corrente si osserva che il conduttore fisso attrae a sè il conduttore mobile, perchè la porzione della corrente elettrica che percorre de è diretta verso il vertice dell'angolo al par di quella che percorre il lato MN del conduttore fisso.

Stando le cose in questa posizione, s'inclini il bilico K a sinistra, ed allora si muterà la direzione della corrente nel conduttore fisso; cioè a dire, in luogo di M in N andrà di N in M , e si troverà in verso contrario alla direzione de del conduttore mobile. In

questo caso l'attrazione si muterà in ripulsione, e 'l conduttore mobile sarà respinto là dove prima era attratto. E parimente avverrà la ripulsione, se tenendo inclinato a destra il bilico K , si piega a sinistra l'altro k ; perchè allora restando ferma la direzione della corrente da M in N nel conduttore fisso, si muta nel mobile da e in d . Si inchininò in fine i bilici tutti e due a sinistra; allora le due porzioni della corrente avranno la medesima direzione nell'uno e nell'altro conduttore; cioè a dire, da N in M nel fisso, e da e in d nel mobile. E però la ripulsione si vede cangiata in attrazione.

34. Da questo esperimento chiaro si raccoglie che due correnti o pur due porzioni della medesima corrente, che fanno un angolo qualunque colle loro direzioni, si respingono quando una si avvicina e l'altra nel medesimo tempo si allontana dalla sommità dell'angolo; ed al contrario si attraggono quando tutte e due o si avvicinano o si allontanano nel medesimo tempo da quella sommità. Di fatto se la corrente MN nel conduttore fisso si avvicina alla sommità dell'angolo delle due correnti, e nel conduttore mobile movendo per ed se ne allontana, succede, come abbiamo veduto, ripulsione. E parimente ha luogo la ripulsione se una corrente va da N in M , e l'altra da d in e . Quando poi le due correnti movendo per MN e de si avvicinano alla sommità dell'angolo, o pure se ne allontanano portandosi da N in M e da e in d , tutte e due si attraggono. Ma è da avvertire che sebbene queste attrazioni e ripulsioni provengano da correnti elettriche; pure sono differenti dalle attrazioni e ripulsioni elettriche, che

han luogo solamente tra le opposte ed omologhe elettricità (tomo I, num. 349). Anzi sono da riguardarsi analoghe a quelle delle calamite, perchè succedono secondo che le correnti han luogo nel medesimo verso o in verso contrario. Di fatto quando due corpi diversamente elettrizzati si attraggono, giunti come sono al contatto cessano di attrarsi e si separano, là dove i conduttori delle correnti, quando si attraggono, restano attaccati come fanno le calamite. E oltre a ciò è da notare che i conduttori elettrici si distinguono da quelli delle correnti, perchè questi conduttori a differenza degli elettrici si possono toccare e maneggiare senza ch'essi perdano le loro proprietà, come accade nelle calamite. Indi è che gli effetti dell'elettricità dinamica sono anche chiamati *elettro-magnetici*, e la dottrina delle correnti elettriche è stata detta *elettro-magnetismo*; denominazione che non si troverà mai conveniente a sì fatti fenomeni, per ciò che più innanzi andremo riferendo.

Esperimento II.

Si può variare lo stesso esperimento lasciando nell'apparato il conduttore fisso, e le comunicazioni nella stessa guisa che trovansi nell'esperimento I, e sostituendo al conduttore mobile (*fig.* 14) quello ch'è rappresentato nella *fig.* 17. Ove questo si sospende per le punte x, y alle tazzette x, y della *fig.* 11, la corrente venendo da X in x percorre la via segnata da $xabcde fghij$; e però ne' fili cd, gh la corrente è diretta verso la sommità dell'angolo che quei due fili fanno colla porzione MN del conduttore fisso.

Per lo che sospeso essendo il conduttore mobile (*fig.* 17) perpendicolarmente al piano del fisso, le sue due porzioni *cd*, *hg* saranno attratte stabilmente, se uno de' fili mobili non è più che l'altro vicino a *MN* (*fig.* 13). Ma se inclinato uno de' due bilici a destra, l'altro s'inclina a sinistra, il verso della corrente o nel conduttore fisso o nei due fili mobili si cangia, e l'attrazione mutandosi in ripulsione, il conduttore mobile si metterà nella posizione perpendicolare al conduttore fisso.

Si sospenda lo stesso conduttore mobile (*fig.* 17) in x', y' (*fig.* 11); allora i punti *d* e *e* vengono a corrispondere al di sopra del mezzo *K* del conduttore fisso (*fig.* 13). Poste quindi le correnti nei due conduttori che si muovono in verso opposto, si osserverà che il conduttore mobile resta fisso, qualunque sia l'angolo ch'esso fa col conduttore rettangolare *MNOP* (*fig.* 13). Poichè *MK* tende a farlo tanto girare in un verso, quanto l'altra metà *KN* tende a farlo girare in verso contrario.

35. Da questo esperimento si ricava non solo l'attrazione e la ripulsione de' fili conduttori e delle correnti elettriche, come abbiamo ricavato dall'esperimento I, ma quel che è più, che le rispettive metà dei due fili si attraggono e si respingono secondo che le correnti sono dirette nel medesimo verso o in verso opposto. Così abbiamo veduto che sono egualmente attratte e respinte le due porzioni *cd*, *hg* da *MN*, ed egualmente respinte le due porzioni *cd*, *hg* da *MK* e *KN* (*fig.* 13, 17).

Esperimento III.

Tolto il conduttore mobile (*fig.* 17) e restando il conduttore

fisso MN (*fig.* 13) e le altre comunicazioni, si appenda alle tazzette x', y' (*fig.* 11) il conduttore mobile rappresentato nella *fig.* 30, in modo ch'egli tagli ad angolo retto il conduttore fisso MN , e il fluido lo percorra nel senso $x'abcdefghiy'$. Allora il conduttore mobile tenderà a muoversi sintantochè *de* sia parallelo a MN , e che ne' due conduttori fisso e mobile la corrente si diriga nel medesimo verso. Ma se cangiasi la direzione di una delle due correnti, si vedrà che il conduttore mobile sopra un asse fa una semirivoluzione, affinchè la sua corrente si muova nel medesimo verso in cui l'altra si muove del conduttore fisso in MN .

36. Egli è chiaro da questo esperimento che le correnti incanalate sopra fili o conduttori immobili trasportano nella propria direzione quelle che sono incanalate sopra conduttori mobili, affinchè la circolazione abbia luogo nel medesimo verso. Ma per condursi ciò ad effetto è di necessità che il conduttore mobile possa rotare intorno ad un asse, e che le rispettive metà de' due fili si attraggano e respingano secondo che le correnti si muovono nel medesimo verso o pure in verso opposto, siccome abbiamo veduto nel II esperimento. Giacchè senza di questo non potrebbe aver luogo la rotazione del filo mobile finchè riducasi parallelo al fisso, e le correnti sien dirette dal lato stesso. Ella è dunque una verità di fatto, che ove le correnti de' conduttori fisso e mobile intorno ad un asse formano un angolo, la corrente del conduttore fisso tende a dirigere quella del mobile nel proprio verso. E però il conduttore fisso attira il mobile fornito della corrente che si muove nel medesimo verso che la sua, e lo dirige

parallelamente a sè; ed al contrario lo respinge quando è fornito di una direzione contraria, e l'obbliga a fare una semirivoluzione per condurlo dalla medesima parte.

Esperimento IV.

Tolto il conduttore mobile (*fig.* 30) si appenda per le due punte x, y alle tazzette x, y' della *fig.* 11, il conduttore (*fig.* 15). In questo caso la porzione ab si trova parallela a MN della *fig.* 15; e se le correnti nell'una e nell'altra hanno la medesima direzione, que' due fili paralleli ed orizzontali si attraggono; e se opposta, si respingono. Ma tolti questi due conduttori, si sostituisca al fisso quello rappresentato nella (*fig.* 16) coll'estremità de' due fili G, H immersi sulla tavola in GH (*fig.* 12), ed al conduttore mobile (*fig.* 15) l'altro (*fig.* 17) sospeso nelle tazze x, y . Allora inchinati i due bilici K, k a destra, la corrente va in H , monta nel conduttore fisso per mn , scende per op , si porta in G e va nel conduttore mobile. Or se la corrente discende nei fili verticali bc, fg , che son paralleli ad op , come fa in op , succede l'attrazione; ma se fassi in verso contrario, ha luogo la ripulsione.

37. Sia adunque che le correnti si muovano ad angolo, o pure per fili paralleli o orizzontali o verticali; sempre egli è vero che quando esse sono nel medesimo verso avvi attrazione, e se facciansi da' lati opposti, l'attrazione si converte in ripulsione. L'attrazione quindi e la ripulsione sono i segni infallibili del movimento delle correnti o nel medesimo o pure nel verso opposto; proprietà ch'è comune, per quanto si è notato e si dirà più avanti, alle calamite.

Esperimento V.

In luogo del conduttore mobile della *fig.* 17, si appenda quello della *fig.* 18 in x, y (*fig.* 11). Siccome questo nuovo conduttore è composto di due fili guerniti di seta; così servono l'uno a condurre e l'altro a ricondurre l'elettricità; di modo che se questa è discendente nel primo, sarà ascendente nel secondo, ed all'inverso. Ciò posto, si osserva che fatte le comunicazioni alla corrente nel conduttore fisso della *fig.* 16 e nel mobile, questo resterà in quiete; perciocchè mentre l'un filo *cd* è attratto o respinto da *op*, al contrario l'altro è respinto ed attratto dal medesimo *op*. E della stessa maniera succede quando il filo orizzontale *de* è opposto a un conduttore fisso, giacchè movendosi ne' due fili vicini del conduttore mobile le correnti in verso contrario, mentre l'uno è attratto, l'altro è respinto.

38. Serve questo esperimento a dimostrare che le azioni attrattive e ripulsive, ch'esercitano le correnti orizzontali e verticali che si muovono nel medesimo o in verso opposto, sono eguali. Eguale è adunque l'attrazione alla ripulsione, e questa a quella, e l'una si converte nell'altra con forze eguali.

39. Questo cangiamento di attrazione in ripulsione, e reciprocamente, non si manifesta solo tra le correnti parallele sia verticali sia orizzontali, ma altresì, giusta l'esperienze da noi rapportate, negli altri conduttori, le cui direzioni formano angolo. Per lo che si può stabilire come legge ne' fenomeni elettro-dinamici, che qualunque sia l'azione di un sistema di conduttori fissi sopra

un conduttore mobile, essa si cangia in un'azione eguale e contraria, quando si rovescia la direzione della corrente o nella parte o nel sistema fisso. Che se rovesciasì nel medesimo tempo la direzione della corrente nel sistema de' conduttori fissi e nel conduttore mobile, si viene a ristabilire l'azione qual era primitivamente, siccome abbiamo dimostrato nell'esperimento I.

Esperimento VI.

Il conduttore fisso della *fig.* 16 in luogo di *G, H*, immerga l'estremità *G', H'* in *G, H* della tavola, e si appenda il conduttore mobile della *fig.* 17 a *x, y* (*fig.* 11). Posti così i due conduttori, la corrente va in *G'*, sale per *ru*, discende pel filo sinuoso, risale per *po*, e torna a discendere per *nm* in *H'*, e va a percorrere il conduttore mobile. Ora quando la corrente discende in *bo* della *fig.* 17 come in *mn, tv* della *fig.* 16, succede l'attrazione per *bc*, e questo filo resterebbe in riposo se fosse egualmente distante da *tv* e *nm*; ma come è pressochè impossibile di tenerlo ad egual distanza, così sarà attratto da quel filo che si troverà più vicino. Però lasciata da parte l'attrazione, si può meglio conoscere la proprietà del filo sinuoso colla ripulsione. Inclinando a sinistra il bilico *K*, la corrente riesce ascendente in *vt* e in *mn*, mentre resta discendente nel conduttore mobile. E però questo si pone ad eguale distanza da *vt* e *mn* in equilibrio stabile.

40. Dimostra un sì fatto esperimento che l'azione di un conduttore rettilineo è eguale a quella di un conduttore sinuoso; perciocchè *mn* egualmente attrae e respinge che *tv*. Da questo fatto si è ricavata la base che serve di appoggio al calcolo della legge

matematica de' fenomeni elettro-dinamici. Poichè essendo la forma della linea sinuosa arbitraria, si può rappresentare per elementi rettilinei. Così alla parte *gn* (*fig.* 24) del conduttore *gB* si possono sostituire le due rette *gi*, *in*, che fanno un angolo qualunque; e questa sostituzione è tanto più esatta quanto più le linee che si considerano sono piccole. Un sì fatto procedimento sebbene sia analogo a' principj della statica; pure non dipende dalle leggi della composizione e risoluzione delle forze, ma tutto è fondato sull'esperimento VI dell'azione eguale de' conduttori rettilineo e sinuoso. E però si è data a questo fatto la forma che più si conviene al calcolo e alle considerazioni geometriche, dicendo: che si possono sostituire ad una piccola linea trascorsa da una corrente elettrica due o più linee rette animate da una corrente fornita della stessa intensità, le cui lunghezze e direzioni avranno colla linea proposta le medesime relazioni che corrono tra una forza e le sue componenti.

41. È stato facile dopo ciò di stabilire l'azione ch'esercitano tra loro le correnti che si chiamano *indefinite* e *terminate*: intendendo per terminate quelle che non si prolungano al di là del vertice dell'angolo che formano le direzioni delle correnti, e per indefinite le altre che seguendo la medesima retta, al di là si prolungano. Così *AB* (*fig.* 24) è una corrente indefinita, la cui direzione è indicata dalla freccia che posa sopra essa, e *gl* è una corrente terminata che si considera nel caso che le si avvicina alla sommità dell'angolo in *g*. Ora in tal caso non vi ha dubbio che

l'azione di AB sopra lg sia (n. 34) un'attrazione di cui è da rappresentarsi la direzione e la grandezza per gn . Nella stessa guisa l'azione di Al sopra lg dev'essere una ripulsione (num. 34) eguale e similmente posta a quella dell'attrazione, che si può rappresentare da gx in grandezza e direzione, e giusto si piglia gx sul prolungamento di Ag per indicare che la sua azione è repellente; giacchè la direzione di sì fatta azione è quella di Ag che taglia gn , ly . Componendo adunque le due forze gx , gn si ha la risultante gi , la quale è parallela alla corrente indefinita AB per l'eguale obblività di Ag e di Bg , ma diretta in verso contrario alla medesima. Per lo che una corrente terminata, che si avvicina ad un'altra indefinita, tende a condursi in verso inverso alla direzione della corrente indefinita. Non così avviene nel caso che la corrente terminata si allontana da AB . Allora avverrà attrazione tra Al e lg , e ripulsione tra Bl e lg , e le due forze combinate daranno la risultante ge diretta nel verso della corrente indefinita, e parallela a questa corrente. Per lo che una corrente terminata, che si allontana da una corrente indefinita, tende a camminare dalla parte dell'indefinita.

42. Dall'azione delle correnti angolari deriva che due correnti indefinite per la loro mutua azione girano attorno la perpendicolare comune sino che sieno parallele e dirette nel medesimo verso, come abbiamo osservato nell'esperimento III. Poichè essendo ab , dg (fig. 26) due correnti che si tagliano sotto un angolo qualunque nelle direzioni indicate dalle frecce, succede attrazione nell'angolo aed , in cui le correnti si avvicinano alla sommità

dell'angolo, e in *geb* in cui se ne allontanano. Ed al contrario avvi ripulsione negli angoli *deb* e *aeg*, perchè in questi due angoli l'una corrente si avvicina, mentre l'altra si allontana dalla sommità dell'angolo. Or la risultante dell'attrazione in *aed*, e della ripulsione in *deb* produce sopra *de* una forza diretta nel verso *ld*, che tende a condurre *ed* sopra *ad*, e per la stessa ragione *eg* tende a confondersi con *eb*. E però se *dg* è libera di girare attorno *e*, verrà a porsi *d* sopra *a*, e *g* sopra *b*, o sia le due correnti diverranno parallele e dirette nello stesso verso.

Esperimento VII.

Si collochi al solito posto il conduttore fisso *MNOP* della *fig.* 13, e si adatti il treppiede della *fig.* 19 sulla tavola (*fig.* 11) ne' tre punti *L*, *O*, *L* senza che le due estremità *G*, *H* s'immergano nelle cavità *G*, *H* della tavola. Si ponga indi sul treppiede il vaso di rame della *fig.* 23 pieno di acqua acidulata in modo che comunichi per mezzo della lamina di rame *IO* colla cavità *O* della tavola. E come a traverso di questo vaso passa il conduttore che sostiene la tazzetta *S*, così a questa si sospenda il conduttore mobile della *fig.* 22 per la punta *s*, pigliando cura che *S* sia tanto alto che la corona del conduttore mobile immerger si possa nell'acqua acidulata. Disposte così le cose, si aprono le comunicazioni alla corrente, e si osserva che il conduttore mobile gira con un movimento di rotazione continuo, la cui celerità non diviene mai uniforme, ma prova delle vicende alternative, secondo che è più vicino o lontano dal conduttore fisso.

43. In questo esperimento la corrente, siccome abbiamo notato nell'esperimento I, va in G , gira il conduttore fisso, scende per H , e in luogo di salire per ET scorre per $o' O'$ in P , sale in S , gira pel conduttore mobile, s'immerge nell'acqua acidulata, scende per IO , e percorrendo $O' o'$ passa nel galvanometro, e si porta nel reoforo negativo in a . Donde egli è chiaro che la corrente del conduttore fisso percorrendo MN è tangente al vaso, e l'altra del conduttore mobile va dal centro alla circonferenza, o sia da s pel raggio sa ; e però questa è una corrente terminata, e quella indefinita. Dall'azione dunque di queste correnti dee nascere, come di fatto nasce, il movimento di rotazione.

44. Rappresenti MN (*fig. 25*) la corrente indefinita, e $a, a' a'' a'''$, ec., il piano del conduttore mobile. Se il raggio sa , che rappresenta la corrente terminata, si avvicina alla indefinita MN , giusta il num. 41, deve retrocedere per muoversi in verso contrario di MN , e così successivamente. Quando poi giunge nella posizione sa' parallela a MN , come le due correnti parallele si trovano in verso contrario, debbono respingersi; perciò sa' deve innalzarsi al di là. Dopo di che nelle posizioni $sa'' sa''' sa^{IV}$ come la corrente terminata tende ad allontanarsi dall'indefinita; così (num. 41) sa deve camminare nella direzione della corrente MN , e si andrà a collocare in sa^V , dove è attratta da MN , perchè le due correnti sono parallele e dirette nel medesimo verso (num. 37). Finalmente giunge nella posizione sa^{VI} in cui si avvicina alla corrente indefinita, e perciò dovendo camminare in direzione contraria di questa, piglia prima la posizione sa^{VII} , e poi sa , e compie

la rotazione.

Esperimento VIII.

Tolto il conduttore fisso della *fig.* 13 si lasci il treppiede della *fig.* 19 sull'apparato, ma coll'estremità de' suoi fili *G*, *H* immersi in *G*, *H* della tavola (*fig.* 11), e si appenda alla tazzetta *S* prima il conduttore mobile della *fig.* 22, e poi quello della *fig.* 20, in modo che le corone *afd* ec. dell'uno e dell'altro s'immergano nell'acqua acidulata. In questo modo si osserverà che ambedue questi conduttori girano con un movimento di rotazione continua, la cui celerità è da principio accelerata, e poi diviene costante. Attorno al treppiede stassi il conduttore fisso piegato in ispire, le quali sono così vicine l'una all'altra, che ciascuna di esse differisce pochissimo da un circolo. Sicchè tutte unite insieme formano un unico circolo di una grande energia, e 'l conduttore fisso, che nell'esperimento VII era rettilineo, diventa circolare, che ha il suo centro nella verticale, che porta il punto di sospensione del conduttore mobile. La corrente gira per tutte le spire, ed entra ed esce per *H* e *G*, e portandosi in *B* gira per *o'* *O'*, monta in *S*, trascorre il conduttore mobile, e passando per l'acqua acidulata sul vaso, scende per *IO* e va nel reoforo negativo. Quando adunque la corrente nel conduttore mobile della *fig.* 22 va per *S* in *a* si avvicina al conduttore fisso, e per sì fatto avvicinamento, giusta il num. 41, deve retrocedere sulla spirale, o sia girare con un moto continuo in verso opposto alla direzione della corrente, che trovasi sul conduttore fisso circolare.

45. Ma nell'altro esperimento l'azione del conduttore fisso si

esercita su la sola branca verticale *ba* del conduttore mobile della *fig.* 20, giacchè *gd* è un pezzetto di legno verniciato, che interrompe la comunicazione della corrente. E per la stessa ragione essendo la direzione in *ba* discendente si avvicina al conduttore fisso e retrocede, e retrocedendo gira. Per lo che una corrente circolare fa girare sempre nel medesimo verso un conduttore parallelo all'asse del circolo, e mobile intorno a questo asse.

Esperimento IX.

Tolto dal conduttore fisso il vaso che contiene l'acqua acidulata, si trova che il conduttore circolare, formato dalle spire, ha il suo centro nella verticale che passa per le due tazzette *x'*, *y'* (*fig.* 11). Ora se a *x'y'* si appende un conduttore mobile delle *fig.* 14, o 17, o 30, si osserva che niuna azione esercita il conduttore circolare sopra uno de' mobili. Al più se il centro delle tazzette *x'*, *y'* non si trova esattamente nella verticale guidata pel centro del conduttore spirale, il conduttore mobile si muoverà oscillando, e mostrando una tendenza a prendere una posizione fissa.

46. Ora esaminando i conduttori mobili, si osserva che possono girare intorno ad un asse che passa pel centro, ed è perpendicolare al piano del conduttore circolare, e che le due estremità di questi conduttori si trovano in questo asse, come si vede nelle *fig.* 14, 17 e 30. Per lo che si è stabilito che una corrente circolare è priva di azione per mettere in giro attorno di un asse perpendicolare al suo piano, e che passa pel suo centro un conduttore qualunque, che partendo da un punto dell'asse di rotazione viene a terminare ad un altro punto della medesima linea. Di che è

chiaro che nell'esperimento VIII l'azione del conduttore circolare sul conduttore mobile della *fig.* 20 non si esercita sulla parte orizzontale, e la rotazione è tutta da attribuirsi all'azione di quel conduttore sulla branca *ab*.

47. Questi ed altri simili esperimenti, che si possono ridurre ad effetto coll'apparato elettro-dinamico, danno a vedere la mutua azione che le correnti elettriche esercitano tra loro. Ma come quest'azione dipende da più elementi, quali sono il verso in cui si muovono le correnti, la loro direzione relativa e la distanza; così l'Ampère ha cercato di valutare l'influenza di ciascuno di questi elementi sopra due porzioncelle piccolissime di due correnti, affinchè per mezzo del calcolo estimar si potesse l'effetto che deve produrre l'azione mutua di tutte le parti di un conduttore sopra quelle dell'altro. Considerando adunque due correnti *xgA*, *mgB* (*fig.* 24.) piglia egli due piccole porzioncelle verso *A* e verso *B* distanti tra loro per *AB*. Queste due porzioncelle rappresenta egli in *mm'* e *nn'* (*fig.* 43), e in *mn* la distanza *AB*, da cui sono quelle separate. E come si sa dall'esperienza che l'effetto risultante dal lato in cui si muovono o pur s'invertono le correnti, e si conosce, come per lo innanzi si dirà, che l'azione mutua di due piccole porzioni delle correnti è in ragione inversa del quadrato della distanza; così si è ito cercando l'effetto che deriva dal terzo elemento, che è la direzione *mm'*, *nn'* delle correnti, sia che queste collocate fossero nello stesso piano, o pure nello spazio in piani differenti.

48. Essendo *mm'*, *nn'* nel medesimo piano (*fig.* 43), nel caso

che sieno ambedue perpendicolari alla linea mn , che unisce il loro mezzo, si ha tra loro attrazione quando le correnti, di cui fan parte, son dirette nel medesimo verso come mm' , nn' , e ripulsione quando son dirette in verso opposto come mm^{IV} , nn' . Parimente vi ha attrazione quando mm' piglia una posizione inclinata come mm'' o mm''' , perchè queste direzioni sebbene inclinate non sono opposte a quella di nn' . Ma a misura che l'angolo $m'mn$ diminuisce, o che $m''mn$ aumenta, l'azione di questa porzioncella della corrente sulla porzioncella nn' va indebolendosi, e giunge ad esser minima o nulla, allorchè mm'' o mm''' piglia la posizione mp o mq , la cui direzione va a passare nel punto n . E però mentre l'angolo $m''mn$ è sopra lo zero, o pure l'angolo $m'''mn$ è al di sotto di due retti, vi ha sempre attrazione, e 'l *maximum* dell'azione è quando mm' forma un angolo retto.

49. Se poi la corrente di mm' è diretta dall'altro lato della linea mn , com'è quella di mm'' , di mm^V e di mm^{VI} , allora le direzioni sono in verso contrario a quelle di mm' , mm'' , mm''' ; e là dove avea luogo l'attrazione, succede ora la ripulsione colla medesima legge, cioè a dire: nella posizione mm^{IV} vi ha *maximum* di ripulsione, e questa va diminuendo a misura che mm^V o mm^{VI} si allontanano da mm^{IV} ; e in fine diventa nulla quando arrivano alle direzioni mq , mp , che si confondono con mn . Che se venisse nel medesimo tempo ad inclinarsi sopra mn tanto la porzioncella mm' , quanto la nn' , allora la loro azione mutua sarebbe nello

stesso tempo affievolita per due cause, cioè a dire per le due rispettive inclinazioni. Si può quindi stabilire in generale che due porzioncelle di due correnti elettriche situate sul medesimo piano si attirano, se le loro direzioni tendono verso il medesimo lato della linea che le unisce, e che si respingono nel caso contrario; ma che l'azione di ciascuna di esse dipende dall'angolo che la sua direzione fa colla linea che le congiunge; perciocchè quando quest'angolo è retto, la sua azione è massima, e è nulla quando la sua direzione coincide con la linea che le congiunge.

50. Considerando il secondo caso, sieno mm' , nn' (*fig. 44*) dirette in una maniera qualunque nello spazio. Allora guidato per nn' e per la linea mn il piano $AmnB$ si dirà questo il piano della corrente nn' . E parimente guidato per mm' e per mn il piano $CmnD$, sarà questo il piano della corrente mm' . Ciò posto, si supponga il piano $CmnD$ posato sopra il piano $AmnB$, come si vede nella *fig. 44*; in tal caso non vi ha dubbio che si avrà tra mm' e nn' un'attrazione, la cui intensità dipende dall'angolo d'inclinazione più o meno grande di ciascuna di queste direzioni sopra mn . Se poi si concepisce che il piano $CmnD$ di posato si vadi rialzando a poco a poco dal piano $AmnB$; allora avrà sempre luogo un'attrazione decrescente tra mm' e nn' , finchè l'angolo de' due piani sarà minore del retto, e sarà nulla quando quest'angolo diventerà retto. Portando quindi il piano $CmnD$ in modo che formi un angolo maggiore del retto, l'attrazione si convertirà in ripulsione, e questa andrà crescendo come cresce l'angolo de' due piani, e diventerà massima allorchè quest'angolo sarà eguale a due retti;

perciocchè mm' , nn' saranno ricondotte nello stesso piano, ma con direzioni opposte, e sono nel medesimo caso che m^{IV} e nn' (fig. 43).

Continuando in sì fatta guisa il movimento del piano $CmnD$, le posizioni di mm' si troveranno opposte a quelle simili che ha occupato nella prima mezza circonferenza, e dovrà perciò la sua azione produrre degli effetti contrarj. Partendosi adunque dalla posizione in cui ha luogo la massima ripulsione, e girando dall'altro lato, va menomandosi la ripulsione e diventa zero, allorchè il piano $CmnD$ si trova alla distanza di un retto. E da questa posizione rilevandosi ancora, la ripulsione si converte in attrazione, e questa va crescendo a misura che $CmnD$ ritorna a coincidere col piano $AmnB$, finchè compiuta tutta intera la circonferenza, si riproduce tra mm' e nn' la medesima attrazione. Per lo che la natura dell'azione che si esercita tra le due porzioncelle mm' , nn' delle correnti elettriche dipende dall'angolo che fanno i loro piani, in modo che pigliando questi piani per ambedue le porzioncelle da quel lato della linea mn , verso cui tendono le correnti, e l'angolo ch'essi formano dal lato, dov'è minore di due retti, si ha attrazione, mentre l'angolo di questi piani è minore di un retto; ripulsione quando è maggiore; nè attrazione nè ripulsione quando è eguale ad un retto; e finalmente ridotto quest'angolo eguale a zero o a due retti, si ha il *maximum* dell'attrazione e della ripulsione (V. Ampère, *Esposizione delle novelle scoperte sull'elettricità e l'magnetismo*, pag. 19).

51. Guidato da questi principj venne Ampère esprimendo

l'azione mutua di due elementi de' conduttori voltaici in una forma algebrica. Chiamò ds l'elemento mm' , ds' l'elemento mn' , e r la retta mn , che unisce i loro mezzi. E come ogni porzione infinitamente piccola considerata come rettilinea ha una intensità relativa proporzionale alla sua lunghezza; così chiamando i , i' le due intensità, si avrà pei due elementi ids $i'ds'$. È poi da sapersi che Biot e Savart dimostrarono per via di esperienze esattissime che l'azione di un filo conduttore sopra un punto è nella ragione inversa della semplice distanza di questo punto al filo conduttore. Di che venne La Place ritraendo col calcolo che per avverarsi ciò, era di necessità che tutte le singole parti di un filo rettilineo indefinito operassero nella ragione inversa del quadrato della distanza ad un punto. E però que' due elementi dovendo operare nella ragione inversa de' quadrati della distanza, avranno, quando sono perpendicolari alla linea che unisce i loro mezzi, paralleli tra loro e situati alla distanza r , espressa la loro mutua azione da $\frac{iidsds'}{r^2}$ pigliando il segno + quando si muovono nel medesimo verso o sia si attraggono, e – nel senso contrario. Dopo di che ampliò Ampère il problema considerando gli elementi posti in una maniera qualunque, e in cui sempre la loro mutua azione dipende dalle loro lunghezze, e dalle intensità delle correnti di che fan parte, e dalla loro posizione rispettiva. Venne quindi considerando gli angoli che fanno le loro direzioni colla retta che unisce i loro mezzi, e gli angoli che formano i piani guidati per ciascuna delle direzioni, e per la linea che unisce i mezzi degli elementi, e chiamando p la funzione incognita degli

angoli Θ , Θ' delle direzioni con quella retta, e ω l'angolo de' piani, trasse $\frac{piir ds ds'}{r^2}$. Divenne di poi a svolgere le funzioni di Θ , Θ' per mezzo di un teorema, cioè: che una porzione infinitamente piccola di una corrente elettrica non esercita alcuna azione sopra un'altra porzione infinitamente piccola di una corrente situata in un piano che passa pel suo mezzo, ed è perpendicolare alla sua direzione. Poichè le due metà del primo elemento producono sul secondo delle azioni eguali, l'una attrattiva e l'altra ripulsiva; giacchè in una di queste metà la corrente si va avvicinando, e nell'altra allontanandosi dalla perpendicolare comune. Or queste due forze eguali fanno un angolo che tende verso due angoli retti, a misura che l'elemento tende verso zero; e però la loro risultante è infinitamente piccola in riguardo a queste forze, e deve essere come tale trascurata nel calcolo. Coll'ajuto di questo teorema e coll'altro già esposto nel num. 49 e 50 stabilì la formola generale, che riguarda l'azione mutua delle correnti, da cui trasse tutti i fenomeni che si ricavano dall'esperienza nell'azione di un circuito voltaico chiuso, o di un sistema di circuiti chiusi sopra un elemento della corrente elettrica. Chi ne vorrà contezza potrà leggere la *Teoria de' fenomeni elettro-dinamici* di Ampère, o pure una di lui Memoria registrata nel tomo XX, pag. 398 degli *Ann. di Fisica e di Chimica*.

52. Prima che si fossero moltiplicate l'esperienze, e queste fossero state dedotte da una formola generale, i fenomeni che si producono dalle correnti elettriche ne' conduttori voltaici parvero così differenti da quelli che si manifestano dall'elettricità

ordinaria, che alcuni portarono opinione doversi più presto attribuire ad altra cagione che all'elettricità. Pensarono altri che le attrazioni e le ripulsioni non dipendeano dall'azione mutua delle correnti, ma da un semplice urto o pressione del fluido che circonda le correnti. Vennero in fine altri nell'opinione che le molecole elettriche erano da considerarsi ne' conduttori voltaici distribuite in riposo per dichiarare i fenomeni elettro-dinamici. Ma già sono tutti oggi di accordo che le correnti elettriche sono quelle che operano tra loro, e nuovi fatti, come sono quelli della rotazione de' conduttori, dimostrano che il fluido elettrico debba essere in quelli in un movimento continuo. Ampère di fatto vuole che i due fluidi elettrici percorrano continuamente i fili conduttori con un movimento rapidissimo, riunendosi e separandosi alternativamente negl'intervalli delle particelle di questi fili. Anzi crede che da sì fatte unioni e separazioni, che han luogo ad ogni istante, debba risultare tra due elementi de' fili conduttori una forza che dipende non solo dalla distanza, ma ancora dalle direzioni dei due elementi, secondo le quali le molecole elettriche si muovono, si riuniscono a molecole della specie opposta, e se ne separano all'istante per andarsi a riunire ad altre. E come tutti i fenomeni che han luogo tra i conduttori voltaici pigliano la loro origine alla elettricità in movimento, e precisamente da correnti che si muovono di una maniera uniforme; così sono stati chiamati elettro-dinamici.

CAPO II. — DELL'AZIONE DELLA TERRA SU I CONDUTTORI

VOLTAICI, E DELL'AZIONE MUTUA TRA QUESTI E LE CALAMITE.

Esperimento I.

Ponendosi le punte x, y del conduttore circolare mobile della *fig.* 47 nelle due tazzette corrispondenti della macchina (*fig.* 11), si rivolga il conduttore Q , piantato sulla tavola sopra i canali A, B , con cui comunica, per mezzo di f, g . Essendo le cose in tale stato, s'immergano i reofori in A, a , e la corrente da A passa in B , e da questo canale scorrendo sale per la colonna ET , si porta nel conduttore mobile, e da questo uscendo discende per la colonna FU , traversa il galvanometro, e va al reoforo negativo.

53. Non avvi in questo modo conduttore fisso, e perciò non avvi corrente che operar potrebbe sul conduttore mobile. Ma ciò non ostante si osserva che il conduttore circolare si muove e prende una posizione perpendicolare al meridiano magnetico, ossia a quel gran circolo terrestre che passa per l'ago di una bussola, la quale riposa in equilibrio. E stando in questa posizione, si vede che la parte del conduttore mobile in cui la corrente è ascendente, si dirige verso l'ovest, e l'altra in cui è discendente, verso l'est. Di fatto mutandosi la direzione della corrente col cangiar de' reofori, si osserva che il cerchio mobile fa una mezza rivoluzione, affinchè si volga con quella parte in cui la corrente ascende verso l'ovest, e coll'altra in cui discende all'est.

Tolto il conduttore circolare, si appenda alle due tazze x, y il conduttore mobile della *fig.* 48, e si vede che questo si mette in

movimento portandosi *bc* all'ovest, o pure all'est, secondo che a corrente ascende o discende in *bc*.

Tolto il conduttore mobile della *fig.* 48, si sospenda a *x, y* (*fig.* 11) il conduttore della *fig.* 15 in un piano sensibilmente verticale per mezzo del contrappeso *i*. Allora la branca orizzontale *ab* sarà sempre portata a sinistra della corrente in qualunque azimut che si trovi. Poichè il piano del conduttore è deviato alzandosi dalla sua posizione, quando la corrente va dal sud al nord, verso l'ovest; quando dal nord al sud, verso l'est; quando dall'est all'ovest, verso il sud; e quando dall'ovest all'est, verso il nord: o, in breve, devia sempre alzandosi verso la sinistra della corrente.

54. Non trovandosi conduttore fisso in questi esperimenti che operar possa sul conduttore mobile, i movimenti di sì fatti conduttori sono da attribuirsi all'azione della terra, la quale dirige le correnti de' conduttori mobili. Ma quest'influenza della terra tende a portare la parte de' conduttori, in cui la corrente è ascendente, all'ovest, e l'altra in cui è discendente, all'est. D'onde viene che il conduttore circolare della *fig.* 47 si pone sempre in un piano perpendicolare al meridiano magnetico. In un circolo poi la corrente si può in ogni punto scomporre sempre in due, l'una orizzontale e l'altra verticale; ma la metà degli elementi orizzontali opera sempre in un verso, e l'altra metà dal verso opposto; e però l'influenza della terra sugli elementi orizzontali è nulla. Non resta quindi che la sua azione sugli elementi verticali, che fanno muovere il conduttore circolare. E come questi elementi sono in un lato ascendenti, e nell'altro discendenti; così il circolo è da un

lato attratto, e dall'altro respinto, e gira e si volge per prendere la posizione dall'est all'ovest in un piano perpendicolare al meridiano magnetico.

55. Nella stessa guisa nella *fig.* 17 essendo l'azione della terra sulle due branche *ab cd* eguale e di segno contrario, non manifesta la sua azione che sulla branca *bc*, che si porta all'ovest e all'est, secondo che la corrente è ascendente o discendente. Nella *fig.* 15 al contrario l'azione della terra si manifesta nella branca orizzontale *ab*, perchè quella sulle due branche verticali si distrugge.

56. Non potendosi mettere in dubbio per l'esperienza l'azione del globo su i conduttori mobili, egli è a chiunque manifesto che quest'azione talvolta cospira, talora si oppone all'azione ch'esercita un conduttore fisso sopra i mobili. Si è quindi pensato di sottrarre del tutto i conduttori mobili dall'azione della terra, formando questi di due circuiti quasi chiusi, in cui le correnti sieno in tal modo disposte che l'azione della terra sull'una sia compensata dalla sua azione sopra le altre. Così nella *fig.* 14 la corrente segue alternativamente delle direzioni opposte, sicchè la somma delle azioni del globo risulti nulla. Di fatto movendosi l'elettricità per *xabcdefghi*, la corrente discende in *cd* e ascende in *gh*, e tende con forze eguali a dirigersi in una parte verso l'est e nell'altra verso l'ovest. Del pari nelle due branche orizzontali *de*, *hi* l'azione del globo è controbilanciata da quella che esercita sulle correnti opposte *bc*, *fg*, e così del resto. Or sì fatti conduttori, che sono sottratti all'azione del globo, si chiamano *astatici*, e tali sono quelli che noi abbiamo

adoperato nell'esperienze e segnato nelle *fig.* 14, 17, 30, ec. Ma sebbene i conduttori astatici non si possano muovere in virtù dell'azione del globo; pure possono essere attratti e respinti dal conduttore fisso. Altro non dee farsi per ottener ciò, che collocare le parti simili de' conduttori astatici, che sono percorse in verso contrario dalle correnti, a distanze differenti da' conduttori fissi; perciocchè questa differenza di distanza è sufficiente a fare che l'azione de' conduttori fissi sulle parti de' conduttori astatici, che sono vicine, vinca l'azione contraria. Non così avviene per l'azione della terra, in riguardo a cui le distanze delle parti de' conduttori astatici sono da reputarsi le stesse. E però mentre un conduttore è astatico rispetto all'azione della terra, è mobile riguardo all'azione dei conduttori fissi.

Esperimento II.

Si metta il treppiede della *fig.* 19 sulla tavola (*fig.* 11) senza che l'estremità de' fili s'immergano nelle cavità *G*, *H*, e sul treppiede si ponga il vaso della *fig.* 23 pieno di acqua acidulata. Si sospenda alla tazzetta *S* il conduttore mobile della *fig.* 22 per la punta *s*, in modo che la sua corona *afde* resti immersa nell'acqua acidulata. Posta allora la comunicazione tra *A* e *B* (*fig.* 11) per mezzo di *Q*, si osserva che il conduttore mobile ruota, ma cangia il verso della sua rotazione, se vengono a cangiarsi i reofori, mettendo il positivo dov'era il negativo, e all'inverso.

57. Il conduttore mobile, non trovandosi corrente nel conduttore fisso, non sente che l'azione della terra, e in virtù di quest'azione gira nella stessa guisa che rotava per l'azione di un

conduttore fisso nell'esperimento VII del capo I. Da principio fatta la comunicazione di A in B per mezzo di Q , la corrente va salendo in S , e percorre il conduttore mobile. E come la corona di questo conduttore è immersa nell'acqua acidulata, la corrente va in quest'acqua, si comunica al vaso, e scendendo per IO si porta nel reoforo negativo. Sicchè la corrente si porta dal centro S per sa alla circonferenza, ed allora ha luogo la rotazione dall'ovest all'est pel mezzogiorno. Ma quando si cangiano i reofori, allora la corrente sale per OI , va nell'acqua acidulata, e dalla circonferenza si porta per as nel centro S , e di là discendendo va nel reoforo negativo in A . Si muta così la direzione della corrente, e con essa il verso per cui si fa la rotazione dall'est all'ovest per mezzogiorno.

Tolto il conduttore mobile della *fig.* 22, si sospenda alla tazzetta S il conduttore mobile della *fig.* 20 per la punta s . Allora questo conduttore mobile si metterà in giro, ma non con una velocità costante. Poichè la terra non solo opera sopra bs per farla girare uniformemente, ma ancora sulla branca verticale ab per condurlo in una posizione fissa all'est quando la corrente è discendente, e all'ovest quando è ascendente.

Se restando questo conduttore mobile, si sostituisca al treppiede il conduttore fisso $MNOP$, come nell'esperimento VII, capo I, allora si avranno due azioni, l'una della terra, che lo mette in giro, e l'altra del conduttore $MNOP$, che operando forte sulla branca verticale ab , la dirige verso il lato da cui viene la corrente

MN , se quella di ab è discendente, e dal lato opposto se è ascendente.

58. Da questi esperimenti ben si conosce essere una cosa principale il poter distinguere, quando nel movimento de' conduttori mobili influisce la terra, o pure un conduttore fisso, o in parte l'una e l'altro. Da quanto abbiamo osservato nelle esperienze recate per mostrare l'azione della terra, si può ricavare a carattere distintivo di quest'azione, che mutandosi i reofori fa essa cangiare il lato per cui si fanno i movimenti de' conduttori. Quando al contrario operano i conduttori voltaici tra loro, o sia le diverse parti fisse e mobili del circuito voltaico, non si viene a cangiare il verso de' movimenti de' conduttori mobili coll'inversione de' reofori; perciocchè mutandosi i reofori si cangiano egualmente e nello stesso tempo le direzioni così ne' conduttori mobili come ne' fissi. Ma per meglio ciò conoscere mettiamo in confronto l'esperimento II, in cui si è cangiata la parte per cui vien fatta la rotazione coll'inversione dei reofori.

Esperimento III.

Lasciando l'apparecchio dell'esperimento II, si sostituisca al conduttore mobile della *figg.* 22 l'altro della *figg.* 21. Ora se mentre questo ruota si mutano i reofori proseguirà a rotare nel medesimo senso, perchè la rotazione proviene dall'azione mutua delle correnti dell'acqua acidulata, e della corona *aedf*.

Si tolga nella macchina la comunicazione per Q , e s'immergano gli estremi de' fili del treppiede in G e H , e posti i bilici K , k inclinati a destra, si sospendano i due conduttori mobili delle

fig. 22 e 21 alternativamente; si osserverà che l'uno e l'altro conduttore ruota, e che questa rotazione non muta di direzione per l'inversione de' reofori, ma solamente per quella di uno de' due bilici *K* e *k*. Poichè in questo solo caso si trova cangiata la direzione delle correnti nelle due parti del circuito voltaico che sono il raggio *as*, e le spire del conduttore fisso.

59. Dopo di ciò ci è concesso di conchiudere che coll'inversione de' reofori si può distinguere quando opera la terra, e quando esercitano le loro azioni le diverse parti del circuito voltaico. Poichè quando i reofori s'invertono, cangia il verso dei movimenti cagionati dall'azione della terra, e questo verso non cangia col cangiar de' reofori, quando sono le diverse parti del circuito che operano. La ragione poi di questo carattere è fondata in ciò, che l'influenza della terra essendo costante, la direzione delle correnti ne' conduttori mobili cangia in riguardo alla terra col cangiar de' reofori; ed al contrario le direzioni delle correnti ne' conduttori fissi e mobili e nelle diverse parti del circuito voltaico mantengono lo stesso rapporto, quando s'invertono i reofori, o i bilici s'inclinano tutti due a destra o tutti due a sinistra, siccome abbiamo stabilito nell'esperimento I del capo I.

60. Il primo che scoprì l'azione della terra sopra i conduttori voltaici, fu Ampère: e vedendo che la terra opera come fa un conduttore fisso, suppose nella terra una corrente o un sistema di correnti elettriche, le quali operando come una corrente indefinita tangente all'orizzonte, determina ne' conduttori mobili il

movimento di rotazione. Ma quel che è più, seppe e poté determinare coll'ajuto delle esperienze or ora recate, che le correnti terrestri debbono muoversi dall'est all'ovest in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico. Poichè il cerchio mobile nell'esperimento I riposa in equilibrio allorchè è in un piano perpendicolare a quello del meridiano magnetico, e la corrente, nella parte inferiore del circolo, si muove dall'est all'ovest, per la ragione che il globo viene così a dirigerla dalla parte delle sue correnti, come fa un conduttore voltaico fisso in riguardo ad uno mobile (num. 36). Di fatto giusta l'esperienza, quando la direzione di una corrente verticale è ascendente, si dirige verso l'ovest, e quando è discendente, verso l'est. Perchè nel primo caso la corrente verticale ascendente si allontana dalla corrente del globo e deve trasportarsi nel verso di questa corrente, o sia dall'est all'ovest; ed al contrario, essendo la corrente verticale discendente, si avvicina a quella del globo, e dee retrocedere da questa corrente fissa (num. 41) o sia portarsi verso l'est. Finalmente l'esperienza c'insegna che quando una corrente orizzontale è diretta dall'est all'ovest, viene attirata verso il sud; e nel caso contrario, è respinta verso il nord, come se una corrente situata al sud del luogo dell'esperienza, e diretta dall'est all'ovest, operasse sopra la corrente orizzontale. Tutte in somma l'esperienze dimostrano che la terra opera sopra i conduttori mobili, come se avesse un sistema di correnti che si movessero in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico dall'est all'ovest, e presso a poco parallelo all'equatore, e situato al sud

dell'Europa.

61. Ma come l'azione della terra sopra i conduttori mobili è debole; così si è pensato di aumentarla per mezzo di fili contorti in ispire. Il filo di ottone $KRFBCADG$ (*fig.* 51) traversa il tubo di vetro FB , ed uscendo per B si avvolge in ispire sino in E , donde staccandosi comincia ad avvolgersi in ispire all'altro simil tubo CA , e giunto in A s'insinua dentro questo tubo, dal quale esce per D . Ora per comprendere la maniera con cui opera il conduttore spirale, è da ricordare che si possono sostituire (num. 40) alla corrente di ciascun giro dell'elica due altre correnti poste ad angolo retto, l'una diretta parallelamente all'asse dell'elica ed eguale in lunghezza all'altezza della spira, e l'altra normale, ch'è rappresentata dall'azione di una corrente circolare, o sia da un cerchio perpendicolare all'asse del cilindro. E come la somma delle altezze di tutte le spire prese parallelamente all'asse dell'elica è certamente eguale alla lunghezza di questo asse; così la curva tutta, o sia la corrente che trascorre per l'elica, produrrà un'azione longitudinale eguale in intensità a quella che ha luogo nell'asse. E perchè la corrente nelle spire ha una direzione opposta a quella che trascorre il filo $ACEB$, che rappresenta l'asse; ne segue che le due azioni longitudinali, come quelle che sono eguali e contrarie, si distruggono, e non restano che le azioni normali rappresentate da circoli paralleli, e percorsi in un medesimo verso. Ora questa elica, ridotta allo stato di non sentire che le azioni normali all'asse della corrente che traversa le spire, si chiama *cilindro elettro-dinamico*, come si vede *fig.* 28 e 29; e le due

estremità di questo cilindro si possono considerare come i poli comuni di tutti i circoli che lo compongono, e diconsi i *poli del cilindro elettro-dinamico*.

Esperimento IV.

Appeso il cilindro elettro-dinamico della *fig.* 29 per le punte alle due tazzette x, y della macchina (*fig.* 11), e mettendo in comunicazione per mezzo di Q la corrente col cilindro, si osserva che ogni spira tende a dirigersi di maniera che la sua sinistra riguardi il nord, e in virtù di questo sforzo il polo A si dirizzerà verso il nord, e 'l polo B verso il sud, facendo l'asse del cilindro un angolo colla meridiana del luogo. Ma se rovesciansi i reofori, si osserverà che il polo A si dirizzerà al sud, e 'l polo B al nord.

62. Basta l'inversione de' reofori per dimostrare (n. 58) che la terra opera colla sua influenza sul cilindro elettro-dinamico mobile, e in virtù di questa influenza si dispone il cilindro co' suoi poli in modo che riguardino quelli della terra. Ora per distinguere i poli del cilindro, è da riflettere che il globo, a cagione delle correnti terrestri che muovonsi dall'est all'ovest, ha il polo nord alla destra di sì fatte correnti, e 'l polo sud alla sinistra. Nelle stessa guisa adunque bisogna chiamare polo *nord* o *boreale* del cilindro quello ch'è situato a destra delle correnti delle spire, quantunque un sì fatto polo si dirizzi al sud per l'azione della terra, ed al contrario polo *sud* e *australe* quello che si dirizza al nord, perchè è a sinistra delle correnti delle spire.

63. De La Rive confermò coi più certi e semplici esperimenti l'azione della terra su i conduttori voltaici, e giunse con un solo

elemento della pila sospeso ad un pezzetto di sughero, che galleggiava sopra l'acqua acidulata, a mostrare con evidenza l'azione della terra sopra una curva chiusa, che risultava da un filo di rame ricoperto precedentemente di seta, e ripiegato in forma di anello con sei o sette rivoluzioni sopra sè stesso. Si può vedere la descrizione di quest'apparato, che chiamasi *anello galleggiante*, ne' tomi XVI e XVIII della *Biblioteca universale*.

Oltre all'azione della terra su i conduttori voltaici, avvi l'influenza che questi esercitano su gli aghi magnetici e sopra le magneti, e quella che a vicenda esercitano le magneti su i conduttori voltaici.

Esperimento V.

Se al cilindro elettro-dinamico della *fig.* 29 appeso alle tazzette x, y (*fig.* 11), e mentre in esso muovesi la corrente elettrica, si avvicina un ferro magnetico, si vede che i poli del cilindro e del ferro quando sono dello stesso nome si respingono, e si attirano quando sono di nome diverso.

Se fermati i fili del cilindro della *fig.* 28 per mezzo di b sulla vite corrispondente (*fig.* 11) s'introducano gli estremi G, H de' fili del cilindro nelle rispettive cavità G, H della tavola, onde la corrente scorrer possa ed uscire da questo cilindro, si osserva che avvicinando questo cilindro, nell'atto che in esso movesi l'elettricità, ad un ago magnetico, i poli dello stesso nome si respingono, e quelli di nome diverso si attraggono.

64. Questi fatti ci annunziano in generale l'azione reciproca tra i fili conduttori e i ferri calamitati, azione reciproca che per

altro nella stessa guisa dimostrano i conduttori voltaici tra loro; perchè se il cilindro della *fig.* 28 ch'è fisso si avvicina al cilindro mobile della *fig.* 29, ove questi due cilindri fan parte del circuito galvanico, si osserva che questi due cilindri si respingono e si attraggono secondo che si riguardano per gli stessi o per nomi contrarj.

Esperimento VI.

Ponendo al solito sulla macchina (*fig.* 11) il conduttore fisso rettangolare *MNOP* della *fig.* 13, e sospendendo sulla tazzetta x' , o y' il conduttore astatico della *fig.* 31 per la punta c , si vede che l'azione della corrente *MN* conduce l'ago calamitato *AB* in una direzione perpendicolare a quella della corrente, facendolo girare in maniera che il polo ch'è a sinistra delle sue correnti si porti dallo stesso lato di *MN*. Appeso al contrario il conduttore mobile della *fig.* 30 sulla macchina alle tazzette x' , y' , e fatta una comunicazione per *Q*, si osserva che posta una calamita col suo asse parallelo presso a poco a *de*, ed ora sopra ed ora sotto del lato orizzontale *de*, il conduttore mobile si dispone in una direzione che forma angolo retto coll'asse della calamita, e 'l polo australe di questa si trova alla sinistra della corrente elettrica del conduttore.

65. C'insegna questa esperienza che un conduttore rettilineo mobile dispone un ago calamitato ad angolo retto, o sia in una direzione perpendicolare alla sua corrente, e reciprocamente una calamita tende a condurre un conduttore rettilineo mobile ad angolo retto col suo asse in maniera che il suo polo australe si trovi

a sinistra della corrente elettrica del conduttore. E questa azione direttrice, che è reciproca tra i conduttori voltaici e le calamite, si osserva ancora tra i conduttori voltaici, come si può conoscere mettendo per conduttore fisso nella macchina il parallelogrammo *MNOP*, e a conduttore mobile il cilindro della *fig.* 29.

Esperimento VII.

Si appenda al filo *pe* avvolto alla puleggia, situata nella macchina (*fig.* 11) vicino a *Z*, una calamita la cui lunghezza sia minore dell'altezza nell'apertura *ST* della *fig.* 13. Posto indi il conduttore rettangolare sulla tavola, vi si stabilisca la corrente elettrica, la cui direzione va per *MN*. In tale stato calando la calamita ora rimpetto o sopra *MN*, e ora sotto e rimpetto all'apertura *ST*, si osserva che il conduttore *MN* esercita sulla calamita un'azione ora attrattiva ed ora ripulsiva, che giunge al *maximum* quando la direzione del filo *MN* forma un angolo retto coll'asse della calamita, e cangia di segno secondo che il punto in cui quest'asse è tagliato dalla retta che misura la sua più corta distanza dal filo, si trova nell'intervallo compreso tra i poli, o fuori di questo intervallo.

Lo stesso fenomeno ha luogo allorchè una verga magnetica si presenta ad una delle branche verticali *bc* o *fg* del conduttore mobile della *fig.* 17, in maniera che l'asse della verga sia orizzontale e parallelo al piano *bcef*. Aperta allora la comunicazione tra i canali *A, B* per mezzo di *Q* (*fig.* 11), si vede che la branca verticale si avvicina o si allontana dalla calamita, primieramente quando il punto di rincontro della retta, che misura la sua di-

stanza più corta dall'asse, si trova in mezzo a' due poli della calamita, secondo che il polo australe è a sinistra o a destra della corrente del conduttore; e in secondo luogo, quando questo medesimo punto è fuori di un sì fatto intervallo, secondo che il polo australe è a dritta o a sinistra della medesima corrente.

Questa azione reciproca ch'esercitano i fili conduttori sulle calamite e queste sopra quelli, quando la direzione de' fili conduttori forma un angolo retto coll'asse nella calamita, si osserva del pari tra un filo rettilineo e un cilindro elettro-dinamico.

Esperimento VIII.

Pigliate il vaso di vetro della *fig.* 49, e mettetene il piede sull'apertura *P* della tavola (*fig.* 11). E come questo vaso è guernito di una lamina circolare *GH* di rame che scende nel mercurio di cui è pieno; così per mettersi questo mercurio in comunicazione colla corrente elettrica, che viene dal reoforo positivo, si salda a questa lamina un'altra *IL*, la cui estremità s'immerge nella cavità *O* della tavola.

Si prenda poi la verga magnetica *MN* della *fig.* 50, e s'immerga nel mercurio del vaso, dove è mantenuta in una situazione verticale per mezzo del contrappeso di platino *P*.

Non resta dopo ciò che immergere nel mercurio un filo di rame, che stando parallelo all'asse della verga magnetica comunica col reoforo negativo. Poichè, fatte le comunicazioni, si osserva che quella verga gira intorno a questo filo, o sia ad una linea parallela al suo asse, che sta fuori di essa. Che se in luogo

di mettere in comunicazione il filo col mercurio del vaso, si mettesse in comunicazione col mercurio posto nella cavità che trovasi nella sommità della verga magnetica MN , questa in luogo di rotare intorno al filo, come prima avea fatto, si rivolgerebbe intorno al proprio asse.

Situati al contrario i conduttori mobili delle *figg.* 20, 22 alternativamente colle loro punte nella tazzetta S (*figg.* 11), e colle loro corone immerse nell'acqua acidulata, si dispongano le comunicazioni nella stessa guisa che si fece nell'esperimento II, in cui si mostrò l'azione della terra sopra sì fatti conduttori. Stando le cose in questo termine, si ponga una forte calamita tra le gambe del treppiede Oll della *figg.* 19 forte legata in una situazione verticale al cilindro che porta la tazzetta S , e subito si avrà il movimento di rotazione continua di quei conduttori. Se poi rovesciasì la posizione de' poli della calamita, la rotazione avverrà in senso contrario. Che se la calamita in luogo di tenersi al di sotto de' conduttori mobili, si ponga al di sopra della tazzetta S , si ottiene del pari il movimento di rotazione per lati diversi secondo la posizione diversa dei poli della calamita.

66. Dopo questi fatti egli è chiaro che una calamita operando sopra i conduttori voltaici che sono mobili, eccita in questi un movimento di rotazione continua, come abbiamo veduto operarsi dall'azione della terra, o da altri conduttori voltaici fissi. E parimente egli è certo che le correnti elettriche sono capaci di eccitare in una calamita un movimento di rotazione intorno ad

un filo conduttore, o pure intorno al proprio asse. Sicchè operando, come da tutti gli esperimenti già recati si raccoglie, nella stessa guisa i conduttori voltaici tra loro, e questi sulle calamite, e le calamite su i conduttori voltaici, è venuto l'Ampère ad argumentare dalla medesimezza degli effetti quella della causa, e che tutto si riduce all'azione delle correnti elettriche, o dell'elettricità dinamica.

67. Prima di venire alla spiegazione di sì fatti esperimenti, egli è giusto di notare che da' medesimi si ricava il fatto, o la legge generale con che si dichiarano le prime esperienze dell'Oersted da noi citate nel principio, le quali manifestavano da prima una irregolarità ed una confusione. Posto adunque paralellamente ad un ago magnetico un filo conduttore, in cui la corrente si movea dal sud al nord, osservò l'Oersted che quando il filo è al disopra dell'ago, il polo australe di questo è deviato verso l'ovest; ma se il filo è al disotto, lo stesso polo è deviato verso l'est. Se il filo poi è alla stessa altezza dell'ago, quando trovasi all'est dell'ago, questo s'inclina in un piano verticale, ed ha il suo polo australe innalzato; ma quando trovasi all'ovest, s'inclina del pari, ma ha il polo australe abbassato. Se la corrente in fine è diretta nel filo del conduttore dal nord al sud, tutte le deviazioni dell'ago han luogo in verso contrario. Queste esperienze furono subito ricondotte dall'Ampère alla posizione della corrente per rispetto all'ago, e furono subito ben dichiarate. Immaginò questi un osservatore situato nella corrente, in maniera che la direzione de' suoi piedi alla sua testa sia quella della corrente, ed abbia la sua

faccia rivolta verso l'ago; e da questa posizione venne tosto ricavando il fatto già indicato dagli esperimenti, cioè che il polo australe dell'ago è sempre portato alla sinistra dell'osservatore così posto, ossia della corrente. Di fatto quando il filo conduttore si trova al di sopra dell'ago, l'osservatore ha i piedi al sud e la testa al nord, e riguardando l'ago ha alla sua sinistra l'ovest, verso cui è gittato il polo australe dell'ago. Quando poi il filo è sotto dell'ago, l'osservatore per guardare l'ago deve rivolgere il suo dorso al filo, e viene in questa posizione ad avere alla sua sinistra l'est, ch'è il lato verso cui si getta il polo australe. Nella terza esperienza trovandosi la corrente all'est dell'ago, l'osservatore, che ha i suoi piedi al sud e la testa al nord, per riguardare l'ago situato alla medesima altezza, è stretto a mettere la sua destra in basso e in alto la sua sinistra, e 'l polo australe è innalzato; ma il contrario avviene quando la corrente è all'ovest dell'ago, perchè allora la destra dell'osservatore è in alto e la sinistra in basso, e 'l polo australe è parimente abbassato. Finalmente se la corrente, in luogo di muoversi nel filo conduttore dal sud al nord, si muove in verso contrario dal nord al sud, allora l'osservatore avrebbe una posizione contraria, cioè a dire i suoi piedi al nord e la sua testa al sud, e perciò ancora una posizione contraria la sua sinistra; e gli stessi fenomeni avrebbero luogo in verso contrario in virtù della regola medesima, cioè che il polo australe è sempre alla sinistra dell'osservatore. Si vede da ciò che nel linguaggio dell'Ampère, che al presente è in uso presso i fisici, la destra e la sinistra di una corrente è tutta relativa, ed esprime in

sostanza la dritta e la sinistra di un osservatore che ha la direzione de' suoi piedi alla sua testa come quella della corrente, e la faccia rivolta verso l'ago o altra magnete su cui opera la corrente. Ma nell'esperienza dell'Oersted la forza direttrice del globo si compone colla forza che risulta dall'azione della corrente elettrica, di modo che nella posizione in cui l'ago si fissa sotto l'influenza del filo conduttore, vi ha equilibrio tra l'azione del globo per ricondurre l'ago al meridiano magnetico, e quella ch'esercita questo filo per allontanarlo; indi a misura che la pila si affievolisce, questa deviazione va menomando. Tutto questo si vede chiaramente nel galvanometro della macchina. Quando la corrente, dopo aver girato pe' conduttori fisso e mobile, va per *twv* (*fig.* 11), l'ago sottoposto devia mettendo a sinistra il suo polo australe, entrando la corrente col mutar de' reofori va per *vut* devia in verso contrario, ma sempre gettando a sinistra della corrente il suo polo australe. A misura poi che la pila va perdendo di energia l'ago devia meno, perchè diminuita la forza della corrente l'equilibrio tra l'azione del globo e quella della corrente si fa ad una distanza minore.

68. Si accorsero così i fisici che l'elettricità dinamica, o sia le correnti elettriche in movimento hanno il loro particolare elettroscopio nell'ago magnetico; e coll'ajuto di questo ago scoprirono l'efficacia delle correnti termoelettriche di cui abbiamo fatto parola nel num. 13 e 14. Pongono il circuito delle *fig.* 6, 7, 8 sopra due sostegni in una posizione orizzontale, dando ad uno de' lati la direzione dell'ago, e poi mettono sotto a questo lato,

quanto più vicino si può, un ago da bussola. In tale posizione stando l'ago e 'l circuito, si osserva la deviazione dell'ago, e da' gradi di sì fatta deviazione si argomenta la quantità delle forze della corrente termo-elettrica. Hanno in questo modo Oersted e Fourier determinato che l'intensità del circuito termo-elettrico è proporzionale al numero de' suoi elementi, ed in ragione inversa della lunghezza del circuito, siccome abbiamo notato nel num. 15.

L'elettroscopio galvanico è stato ridotto dallo Schweiger a manifestare l'azione di una corrente, ancorchè questa sia debolissima, ed ha egli formato uno strumento che chiamasi il *moltiplicatore*, e che si vede nella *fig.* 42, di cui Oersted con alcune piccole modificazioni ha dato la descrizione nel tomo XXII degli *Annali di Fis. e Chim.* Questo strumento è fondato sull'azione eguale ch'esercitano sull'ago calamitato tutte le parti di un filo conduttore, allorchè questo trasmette una corrente. Quando una parte di questo filo è curva, come *abc*, nella *fig.* 40, se le due branche *ab*, *bc* si trovano in un piano verticale, e nello stesso piano è sospeso, nel modo che si osserva, l'ago magnetico *de*, egli è chiaro che questo ago riceve un'azione doppia dal filo. Perchè la corrente elettrica movendosi nelle due branche, l'una superiore e l'altra inferiore, in direzioni differenti, l'ago magnetico viene ad essere deviato, giusta il num. 67, dal medesimo lato, e devia di una quantità doppia. Se dunque il filo conduttore si avvolgerà più volte intorno all'ago magnetico, come si osserva nella *fig.* 41, crescerà di più giusta il numero de' giri l'azione della corrente, e

l'ago magnetico giungerà a manifestare colla sua deviazione l'azione delle correnti che sono debolissime. Indi si è costruito l'apparato della *fig. 42*, in cui A , A è il piede dello strumento, C , C sono due sostegni che portano un telajo BB , nel cui orlo avvi un'incavatura dove si allogano i giri successivi del filo moltiplicatore, e DD è un sostegno destinato a reggere il filo, a cui l'ago dev'essere sospeso. Tutte queste parti dello strumento sono di legno, ed EE è un filo di metallo che passando per un buco a traverso di DD porta un filo di seta cruda EF , alla cui estremità è appeso un triangoletto doppio di carta, sul quale riposa l'ago calamitato. Avvi in G un cilindro cavo, per cui passa il filo di sospensione, ed impedisce che questo sia toccato dal filo moltiplicatore; e finalmente stassi al disotto dell'ago un cerchio diviso, ch'è destinato a misurare le deviazioni dell'ago²².

²²L'istrumento che qui descrive l'Autore comunemente è conosciuto sotto il nome di *galvanometro*, e si chiama anche *moltiplicatore*, perchè moltiplica infatti la forza elettro-magnetica, per cui riesce dotato d'una grande sensibilità per farci accorti dell'esistenza della più debole corrente elettrica.

Per dare al galvanometro la maggiore sensibilità di cui è suscettibile bisogna, oltre aumentare la forza elettro-magnetica coll'accrescere il numero dei giri del filo, diminuire eziandio la forza direttrice della terra, senza distruggerla del tutto; poichè se l'ago fosse sottoposto alla sola azione della

corrente, le forze le più deboli come le più energiche lo condurrebbero sempre nella stessa posizione, e non si avrebbe nello strumento che un indicatore e non un misuratore della forza delle correnti elettriche. A tal fine si sono sospesi al filo due aghi collocati paralellamente fra loro coi poli posti in verso opposto, situato l'uno nel perimetro o telajo del filo, e l'altro al di fuori del medesimo. Con ciò la forza direttrice della terra viene diminuita ed anche esattamente neutralizzata se i due aghi sono forniti d'egual forza magnetica, ossia se formano un sistema astatico. Con una tale disposizione viene altresì aumentata la forza elettro-magnetica, giacchè la corrente agisce sopra due aghi per deviarli dalla stessa parte. Alcuni fisici per rendere l'istrumento ancor più sensibile all'azione delle correnti, hanno pensato di collocare due aghi nel perimetro del filo e due al di fuori del medesimo. In ogni caso gli aghi sono conficcati in un picciolo fuscello di paglia, che è appeso al sottile filo di seta svolto dal bozzolo.

Un altro perfezionamento si è quello d'impiegare, invece d'un sol filo metallico rivolto su sè stesso, più fili paralleli che vanno a riunirsi a nudo a guisa di ventaglio. Con ciò la corrente si divide in più parti, e scorrendo per tutti i fili moltiplica l'azione col numero delle correnti, senza diminuire la conduttricità del filo, la quale è in ragione inversa della lunghezza di questo. — *Gli Editori.*

69. Il filo moltiplicatore è di rame inargentato, e la sua spessorezza è di un quarto di millimetro, ma è tutto involuppato nella sua lunghezza di un filo di seta, affinchè impedir si possa la comunicazione elettrica tra le diverse parti di questo filo, che sono sovrapposte nella cavità di *BB*. L'estremità poi di questo filo sono indicate da *H*, *I*. E per rendere questo apparecchio vie più sensibile, si può apporre in *HH* un ago magnetico situato in modo che diminuisca la forza con cui l'ago sospeso tende a conservare la sua direzione²³.

70. L'elettricità sviluppata per contatto da due dischi, l'uno di

²³La grossezza del filo moltiplicatore nel galvanometro varia secondo che l'istrumento è destinato ad esplorare l'energia delle correnti idro-elettriche della pila voltaica, o quella delle correnti termo-elettriche. Per l'ultima specie di correnti il filo stesso deve essere più corto e più grosso di quello che s'impiega per esplorare l'altra specie delle medesime. Nei galvanometri che si costruiscono sotto la direzione del sig. Nobili, il filo per le correnti termo-elettriche fa 120 giri d'intorno al telajo cui è avvolto, ed ha la lunghezza di 12 in 13 metri circa, e la grossezza di $\frac{1}{2}$ millimetro; quello per le correnti termo-elettriche fa invece 500 e più giri d'intorno al proprio telajo, è lungo 66 in 67 metri, ed ha la grossezza di $\frac{1}{4}$ di millimetro. — *Gli Editori*.

zinc e l'altro di rame, quando anche non s'impiegasse per conduttore liquido che l'acqua pura, basta a manifestare sensibile la sua azione in quest'apparecchio; nè altro dee farsi per istabilirsi la comunicazione, che mettere in circuito il filo moltiplicatore. Cumming e Becquerel coll'ajuto di sì fatto strumento han riconosciuto che si produce una corrente per via del calore sul circuito di un solo metallo. A tale oggetto roventava il Becquerel l'estremità di un filo di rame, e poi la premea contro l'estremità opposta, ed all'istante si manifestava la corrente, operando l'estremità riscaldata come un metallo elettro-positivo. Riscaldava oltre a ciò una parte qualunque di un filo di platino, che formava un circuito chiuso, e poi toccava con un corpo freddo una parte del filo ch'era vicina al punto riscaldato, e così otteneva del pari una corrente che deviava l'ago per mezzo del moltiplicatore. Si vede quindi che quest'apparato è in riguardo all'elettricità dinamica come il condensatore per l'elettricità di tensione. Con quest'apparecchio e con un sistema di galvanometri sensibilissimi di sua invenzione è giunto il Becquerel a mostrare delle correnti elettriche in tutte le azioni chimiche, ne' fenomeni capillari, nell'inzuppamento de' liquidi, in tutte le dissoluzioni, e in tanti altri casi in cui prima non si poteano affatto ravvisare (V. le Memorie di questo Fisico negli *Annali di Fisica e Chimica*).

Ritornando ora all'esperienze che dimostrano l'azione mutua tra i conduttori voltaici e le calamite, egli è da notare che tutta l'azione degli uni sopra gli altri non si può ben conoscere quando

alla loro mutua influenza si unisce quella della terra, come avviene nell'ago calamitato. Però nell'esperimento si misero alla prova l'ago astatico (*fig. 31*), e 'l conduttore mobile parimente astatico (*fig. 30*), e si ritrasse che, tanto quando il conduttore voltaico opera sull'ago magnetico, quanto quando la calamita opera sul conduttore voltaico, avviene che l'ago e 'l conduttore si mettono ad angolo retto, e 'l polo australe è sempre a sinistra della corrente. Ora questi fatti ci danno ad argomentare benissimo, che come le correnti elettriche han luogo ne' conduttori voltaici, delle correnti elettriche del pari esistono nelle calamite. E come una corrente fissa operando sopra una mobile dirige questa nel verso in cui essa si muove; così una corrente elettrica, che dirige l'ago astatico ad angolo retto, ci annunzia col verso della sua direzione quello in cui muovesi la corrente, o il sistema delle correnti della calamita. In questo modo la terra colle sue correnti, che muovonsi dall'est all'ovest perpendicolari al suo asse, dirigendo l'asse magnetico ad angolo retto, colla direzione delle sue correnti ci manifesta che del pari dall'est all'ovest, e perpendicolari al suo asse, sono le correnti della calamita; e una calamita che dirige ad angolo retto un conduttore mobile, ed un conduttore fisso che dirige ad angolo retto una calamita, cospirano a palesarci che le correnti della calamita trovansi dall'est all'ovest, e sono perpendicolari al loro asse. Di modo che i due poli di una calamita, l'uno de' quali si dirizza al nord e chiamasi boreale, e l'altro al sud e dicesi australe, non si distinguono tra loro che per la situazione differente ch'essi hanno relativamente alle correnti

elettriche che circolano intorno all'asse della calamita.

71. Ora le correnti circolando intorno agli assi della terra e delle calamite nello stesso verso dall'est all'ovest, e dirigendo così quella (num. 54) come queste (num. 36) in egual modo i conduttori mobili, ne segue che la situazione de' poli delle calamite relativamente alle correnti che in esse circolano, sia la stessa che quella de' poli terrestri di egual nome per rapporto alle correnti che si suppongono circolare nel globo. Rappresenti di fatto *MNLD* (fig. 32) una calamita, i poli australe e boreale saranno *A*, *B*. Poichè le correnti che le circolano intorno nella parte che riguarda levante sono ascendenti, nella superiore vanno da levante a ponente, sono discendenti nella parte che riguarda ponente, e vanno da ponente a levante nell'inferiore, siccome è indicato dalla punta delle frecce. E però mettendosi un osservatore co' piedi in *E* all'ingresso delle correnti, e 'l dorso all'asse per guardare i punti esteriori su i quali opera la calamita, avrà in *A* o sia alla dritta il polo australe, e alla sinistra in *B* il boreale. Nella stessa guisa mettendosi l'osservatore co' piedi all'est e 'l dorso rivolto all'asse della terra, per guardare i punti esteriori al globo, su' quali deve operare il sistema delle correnti terrestri, egli è chiaro che avrà alla dritta il polo australe, e alla sinistra il boreale. Per lo che nelle calamite, come nella terra il polo australe è alla dritta delle correnti che circolano in questa ed in quelle.

72. Ma tali correnti sono da supporre non solo nella superficie, ma anche nell'interno delle calamite. Giacchè l'esperienze di Coulomb han fatto chiaro che i frammenti distaccati dal ferro

calamitato sono essi stessi una calamita perfetta. Per lo che non è da credere che le correnti elettriche circondino la massa, ma circolino intorno a' frammenti, o sia a particelle più piccole di quelle che si ottengono da una divisione meccanica, le quali separate dalla calamita conservano la loro proprietà magnetica. A comprender quindi la disposizione delle correnti nell'interno della calamita è da considerarsi la sezione *abcd* (*fig. 45*) infinitamente sottile e compresa tra due piani perpendicolari all'asse della calamita *AB* (*fig. 32*). Nel contorno *abcd* (*fig. 45*) si suppone il medesimo stato elettrico che ha luogo in una pila in cui i due poli sono in comunicazione, come se tutte le molecole di *a* in *b*, di *b* in *c*, ec., pigliassero l'una all'altra l'elettricità positiva, e questa trasportassero nel verso di *abcd*, e la negativa in verso contrario; non altrimenti che avviene in una pila circolare in cui i due poli si congiungono, o in una pila ordinaria in cui i due poli sono in congiunzione per mezzo di un filo metallico. Dopo di che corre agli occhi di tutti che secondo questa disposizione si avrebbe una delle correnti che muovesi sulla superficie di una calamita. È oltre a ciò da concepirsi al di sotto e tra i medesimi piani un'altra serie di molecole *a'b'c'd'*, che succede immediatamente alla prima, e forma al par della prima un circuito chiuso, in cui muovesi una corrente nel verso medesimo che quella della prima. E parimente sotto di questa una terza, e poi una quarta, e così successivamente sino al centro della sezione della calamita. Or tutte queste correnti dirette nel medesimo verso uniscono le loro azioni, e tutta la calamita *AB* è composta di un numero infinito

di sezioni simili, che ne formano, per dir così, gli elementi.

73. Questa maniera di ravvisare la proprietà elettromotrice non è del tutto arbitraria; perciocchè nella tormalina e in tanti altri minerali si osserva in ciascuno de' piccoli cristalli elementari, ciò che dall'Ampère s'immagina nella calamita. E sebbene in que' minerali l'elettricità non si manifesta in correnti, ma solo per tensione; ciò addiviene perchè mancano di facoltà conduttrice. Dimodochè se al potere elettromotore della tormalina e di altri minerali si riunisse la facoltà conduttrice, si avrebbe un'idea esatta delle piccole pile elementari che oggi suppongonsi nelle calamite. Per altro siamo già certi per mezzo delle pile termo-elettriche che nel ferro, nell'acciajo e in tanti metalli esistono delle correnti elettriche che si producono con un circuito chiuso di conduttori solidi. Anzi sappiamo (num. 70) che in un sol metallo senza l'ajuto di liquidi si possono stabilire delle correnti colla sola azione del calore.

74. Supponendo adunque non senza fondamento le correnti elettriche che si muovono in curve chiuse intorno all'asse della calamita, si comprende in che modo operar possono sopra altre correnti che loro sono vicine. Se K fosse un punto di una corrente elettrica (*fig.* 45), non vi ha dubbio che se l'azione delle correnti ab , $a'b'$, ec., fosse attrattiva sopra K , quella di cd $c'd'$ sarebbe ripulsiva; ed al contrario se quella fosse ripulsiva, questa sarebbe attrattiva; perciocchè cd , $c'd'$, ec., si muovono in verso contrario alle correnti ab , $a'b'$, ec. Però le correnti della calamita operano sopra quelle del punto, situato accanto della calamita, in

virtù della differenza delle azioni ch'esercitano la parte della calamita vicina a' punti sopra de' quali opera, e la parte opposta in cui le correnti vanno in verso contrario. Trovandosi adunque in tutti gli elementi della calamita tante pile circolari, son da considerarsi tante correnti che si muovono colla medesima intensità e nel medesimo verso, e che mutuamente operano tra loro attraendo e respingendo, di modo che la risultante di tutte queste azioni rappresenta l'azione di ogni calamita. Ora dall'espressione matematica dell'azione mutua di due porzioni infinitamente piccole di correnti elettriche (num. 51), si ricava che la risultante della combinazione di tutte le azioni parziali delle particelle magnetiche è diretta all'asse ed è situata verso gli estremi. E come tutte le azioni parziali si possono eseguire in due direzioni differenti; così producono verso gli estremi due punti, in cui esiste la risultante o il *maximum* delle due azioni, cioè dell'attrazione e della ripulsione, e questi punti chiamansi *poli*. Coulomb per via di esperienze esatte e diligenti rinvenne che nelle magneti e nelle verghe calamitate i centri di azione o sia le risultanti non sono giusto alla loro estremità, ma poco distanti; così in una verga magnetica di 0^m,675 osservò il *maximum* di azione a 22 millimetri dalla sua estremità. Ma una sì fatta disposizione de' poli nelle magneti è oggi definita dal calcolo; perciocchè supponendo che le correnti elettriche circolino intorno a tutte le sezioni della superficie delle calamite, e intorno a tutte le parti della loro sostanza in piani più o meno inclinati all'asse, il calcolo dimostra che i centri di azione non debbano trovarsi ne' punti estremi

delle magneti, ma in punti poco distanti dagli estremi. È questa la differenza che corre tra i cilindri elettro-dinamici e le magneti; cioè che queste hanno i loro poli poco distanti dagli estremi, e quelli esattamente ne' punti estremi, per la ragione che in quei cilindri le correnti circolano in piani normali all'asse, e nelle magneti in piani che sono all'asse inclinati per effetto della loro mutua azione (V. le Memorie di Savary *sull'applicazione del calcolo a' fenomeni elettrodinamici*, pubblicate nel 1823)²⁴.

²⁴Per conciliare la diversa posizione dei poli nelle calamite ordinarie e in quelle elettro-dinamiche, il calcolo, di cui qui fa parola l'Autore, si fonda sull'ipotesi che nelle prime calamite le correnti sieno comuni a ciascuna molecola, invece di supporre una circolazione generale in tutta la massa magnetica. Nobili che non ammette l'ipotesi d'Ampère, il quale nelle calamite ordinarie attribuisce dei giri elettrici parziali a ciascuna molecola, ritiene che la circolazione nelle magneti ordinarie sia generale, ma fusiforme. Onde dar qualche probabilità a questa congettura, istituisce egli l'esperimento seguente. Si prendono due piccioli fusi di legno egualmente lunghi, ma diversamente grossi, i quali si coprono del solito filo vestito di seta, in modo da formare delle spirali fusiformi, coi cui capi si mettono a far parte del circuito voltaico, per vedere in che differiscono dalle cilindriche. Si trova che un ago magnetico che galleggia verticalmente sopra la

75. Posti questi principj, chiaro ne scende la spiegazione degli esperimenti I, V e VI: le correnti elettriche che sulla superficie della terra vanno da levante a ponente, colle loro attrazioni e repulsioni debbono ridurre parallele a sè e dirigere nel medesimo verso le correnti che circolano attorno la parte inferiore delle magneti. E come queste (*fig. 32*) vanno naturalmente da ponente a levante; così per ridursi nel verso stesso delle circumterrestri debbono rotare in modo che l'asse si ponga nel meridiano magnetico, e il polo *A* sia rivolto al nord, e l'altro *B* al sud. È questa la forza direttrice della terra che si osserva sopra tutti gli aghi magnetici, e nel cilindro elettro-dinamico dell'esperimento IV. Che se i poli dello stesso nome tra la verga magnetica e 'l cilindro elettro-dinamico, o pure tra due cilindri dell'esperimento V, si respingono, o quei di nome diverso si attraggono, ciò avviene perchè le correnti rispettive nel primo caso circolano in verso contrario, e nel secondo nel medesimo verso. Alla stessa legge in fine obbedisce mettendosi ad angolo retto della corrente fissa

superficie d'un liquido, non va a stabilirsi al disotto delle ultime spire, come nelle correnti cilindriche, ma si mette un poco al di dentro delle medesime, come accade con una calamita cilindrica ordinaria. Nelle calamite elettro-dinamiche fusiformi, i poli si discostano dalle estremità secondo il rapporto della grandezza delle spire centrali alle estreme. — *Gli Editori.*

l'ago astatico nell'esperimento VI.

76. Si possono con egual facilità dichiarare l'esperienze dell'Oersted. Ha questo fisico osservato che se pongasi un filo conduttore verticale, in cui la corrente sia ascendente, presso un punto dell'ago magnetico ch'è situato tra uno de' poli e 'l mezzo dell'ago medesimo; allora, qualunque sia il polo e il lato dell'ago cui si presenta quel conduttore, sempre il polo si gitta verso l'ovest. Ciò ha la sua ragione nella disposizione delle correnti. Siccome l'ago è diretto dalla terra; così le sue correnti, come si possono osservare nella *fig.* 32, supponendo i poli rivoltati, sono ascendenti all'ovest e discendenti all'est. E però se il filo è situato all'ovest dell'ago, colla sua corrente ascendente attira la corrente del pari ascendente dell'ago, e 'l polo di questo si volge verso l'ovest. Ma se il filo conduttore è situato all'est dell'ago, dove le correnti sono discendenti, allora la corrente ascendente dell'ago la respinge, e 'l polo vicino cammina ancora verso l'ovest.

77. Sia la medesima corrente perpendicolare al meridiano magnetico, in una direzione orizzontale, e posta al solito presso al punto situato in un ago tra il suo mezzo ed uno de' suoi poli; produrrà nell'ago un'inclinazione che sarà la medesima, sia che il filo fosse sopra o sotto dell'ago. Poichè essendo, a cagion d'esempio, la corrente del filo dall'est all'ovest, allora se questo filo è al disotto dell'ago, quella sarà vicina alla faccia inferiore dell'ago, in cui le correnti vanno ancora dall'est all'ovest, e dovendone succedere attrazione si abbassa il polo vicino. Si abbasserà del pari questo polo, se il filo conduttore fosse al disopra;

perchè in questa posizione le correnti della faccia superiore dell'ago andranno dall'ovest all'est, mentre la corrente del filo andrà dall'est all'ovest. Avverrà quindi la ripulsione del polo vicino, e perciò il suo abbassamento o inclinazione. E come queste azioni delle correnti sopra l'ago sono turbate dall'influenza della terra; così nell'esperimento VI si è mostrato l'ago astatico che si volge ad angolo retto colla corrente del conduttore fisso, affinchè le correnti dell'ago si movessero nel medesimo verso di questo. Attraggono in somma e respingono le verghe magnetiche i conduttori voltaici, e questi quelle, come fan le correnti elettriche, perchè negli uni e nelle altre avvi un sistema di sì fatte correnti.

78. Ma a ben dichiarare i fenomeni che risultano dalla mutua azione delle calamite e de' conduttori voltaici, è da avvertire che situando una corrente rimpetto a una parte della calamita, che corrisponde non già tra il mezzo e 'l polo, ma al di là del suo polo, effetti si producono, che sono contrarj; perciocchè l'azione della corrente, a cagion della sua posizione, sulle correnti della faccia opposta della calamita risulta più forte di quella ch'esercita sulle correnti della faccia più vicina. A comprender ciò si riguardi alla *fig.* 46, in cui *AB* è una calamita orizzontale, di cui *mn* è la grossezza, e *P* la proiezione sul piano verticale, che passa per l'asse della calamita, di una corrente supposta indefinita e perpendicolare a questo piano. In tale posizione non è da tenersi conto delle azioni che esercita la corrente sulle facce della calamita, i cui piani sono perpendicolari alla sua direzione, giacchè

queste azioni risultano eguali e contrarie; ma solamente di quelle ch'esercita sulle due facce che le sono parallele. Per lo che sieno m , n le porzioni infinitamente piccole delle correnti della faccia più vicine al conduttore e dell'altra opposta, che sono situate nel medesimo piano, quando la calamita è verticale. In tal caso come le correnti di sì fatte porzioncelle si muovono in verso contrario; così l'azione di P sopra m sarà contraria a quella ch'esercita sopra n . E però se P collocata fosse nella direzione di mn prolungata, non vi ha dubbio che l'azione di P sopra m , come più vicina, sarebbe più gagliarda dell'altra che la stessa P esercita sopra n , e la calamita sarebbe attratta o respinta da P colla differenza delle due azioni contrarie di P sopra m e sopra n . Ma se la corrente P non è diretta al di sopra di nm , come si vede nella *fig.* 46, le due forze mP , nP sono da scomporsi giusta la direzione nm perpendicolare all'asse della calamita; e per conoscere la forza con che la calamita è attratta o respinta da P , è da prendersi la differenza delle loro componenti in quella direzione. Or mentre gli angoli delle forze mP , nP con nm sono piccolissimi, sempre la forza mP scomposta secondo nm sarà più forte dell'altra a cagione della sua minor distanza. Ma a misura che l'angolo di Pm con nm prolungata diventerà più grande dell'altro Pnm , la forza Pm nello scomporsi per nm perderà più che l'altra Pn . Per lo che perdendo col crescer degli angoli più Pm in proporzione di Pn , si giungerà ad una posizione di P , in cui le due forze mP , nP scomposte nella direzione di nm saranno eguali e contrarie. Passato poi questo limite la forza Pn diventerà più forte dell'altra Pm , e l'azione di P

sopra m e n produrrà un effetto contrario a quello che prima avea prodotto. Di fatto situato P in p nel prolungamento della faccia più vicina della calamita, la forza mP diretta quasi secondo mp non darà nel verso di nm che una componente piccolissima, mentre la forza nP scomposta giusta nm , con cui forma l'angolo mnp molto più piccolo, ne darà una più grande. Di che si vede che sebbene di ordinario riconoscer si soglia la natura dell'azione di una calamita da quella delle correnti che trovansi nella parte più vicina a' punti su i quali opera; pure vi han de' casi in cui sia da tenersi conto delle correnti che sono nella parte opposta e più lontana.

79. Si può ora chiaro comprender l'esperimento VII, in cui il filo della corrente essendo orizzontale, e la calamita verticale, si tagliavano ad angoli retti. Quando quel filo corrisponde alla metà della calamita, e le correnti di questa nella faccia più vicina al filo si muovono nello stesso verso della corrente di quelle, si ha il *maximum* di attrazione. Poichè la corrente opera sul mezzo della calamita, come abbiamo veduto, che opera P stando diritto sopra nm (*fig.* 46). E parimente attrattiva risulta l'azione della corrente sopra gli altri sottilissimi strati orizzontali, che sono a una certa distanza sopra e sotto del filo conduttore, o sia del mezzo della calamita. Ma sebbene negli strati orizzontali più lontani l'azione della corrente divenga per le cose già dichiarate ripulsiva; pure la forza attrattiva supera la ripulsiva, e si ha attrazione della calamita. Quando poi la calamita si va innalzando sul filo conduttore della corrente, o pure sotto di questa abbassandosi, allora la

forza attrattiva va menomando, e la ripulsiva crescendo; perchè si diminuisce il numero degli strati vicino alla corrente, su cui questa esercita una forza d'attrazione, e cresce al contrario il numero degli strati su cui esercita la sua azione ripulsiva. Finalmente quando la calamita tutta è sopra o sotto del filo, non vi ha dubbio che la forza ripulsiva vince l'attrattiva, e si manifesta la ripulsione, perchè è lo stesso caso di P condotto in p (*fig.* 46). Il contrario avrebbe luogo, se stando la calamita nel mezzo, la corrente esercitasse sopra di questa un'azione ripulsiva; perciocchè allora come la calamita si abbassa o s'innalza, va crescendo la forza attrattiva, e finalmente supera quando la calamita sta sotto o sopra al filo.

80. Nella stessa maniera che opera una corrente sopra la calamita, viene questa ad operare sopra di quella. E però la branca verticale del conduttore mobile (*fig.* 17) si avvicina o si allontana dalla calamita, giusta il verso in cui muovonsi la corrente di quelle branche, e le altre che han luogo nella faccia più vicina della calamita, ove la linea, che misura la più corta distanza tra quelle e questa, cade tra i poli della calamita. Ma quando questa linea cade fuori di tale intervallo, l'attrazione si converte in ripulsione, o all'inverso.

81. Restano in fine a dichiararsi colla dottrina delle correnti elettriche i movimenti paralleli all'asse della calamita, e quelli di rotazione o delle calamite intorno a' conduttori voltaici, o di questi intorno a quelle. In riguardo al primo è da considerarsi la *fig.* 36, in cui CD è un cilindro magnetico, ed E il filo conduttore, o

sia la porzione verticale bc o fg (*fig.* 17), che è a piccola distanza da una estremità. Se le correnti circolano nel medesimo verso intorno al cilindro ed al filo, non vi ha dubbio che E sarà attratto (*fig.* 36). Ora da E guidando la normale EO sul cilindro, si compongano parallelamente e normalmente all'asse del cilindro le attrazioni ch'esercitano sopra il filo le correnti, che circolano intorno le particelle del cilindro, che sono dall'una e dall'altra parte della normale. Presa quindi $On = Om$, le attrazioni parallele all'asse comprese in Om sono da quelle distrutte delle particelle contenute in On . E però il filo sarà solamente attratto dalle particelle comprese in mf . Dovrà dunque il filo appoggiarsi al cilindro in virtù delle attrazioni normali, e per le parallele muoversi verso f ; ma giunto al mezzo del cilindro dovrà arrestarsi, perchè viene egualmente attratto dalle particelle che sono dall'una o all'altra parte nelle due metà.

82. Se poi il filo in luogo di essere attratto, sarà respinto, le ripulsioni parallele all'asse delle particelle contenute in Om si distruggeranno, e resteranno quelle comprese in mf , che spingeranno il filo verso n . Per lo che così con l'attrazione, come colla ripulsione, l'azione parallela all'asse della calamita è tanto più grande quanto il punto E si trova più lontano dal mezzo; perciocchè la porzione fm , che la produce, risulta più grande. Spiegasi in questo modo l'esperimento VIII, che ci diede a vedere il movimento del filo parallelamente all'asse della calamita, portandolo verso il mezzo della calamita quando l'azione è attrattiva, e da questo mezzo allontanandolo quando l'azione è ripulsiva. E

parimente nella stessa guisa si dichiarano tutte l'esperienze recate dal Le-Rive coll'apparato galleggiante (num. 63), che registrate si trovano e tutte interpretate dall'Ampère nella *Biblioteca universale*, tomo XX, pag. 189 e seg.

83. Che se ci rivolgiamo a' movimenti di rotazione, è in prima da notare ch'essendo $\mathcal{A}$ (*fig.* 52) un punto del filo conduttore verticale $a\mathcal{A}$, si può rappresentare da $b'db$ la corrente che circola nella sezione di un sottile strato della magnetite intorno alla particella c . Presi quindi due punti b , b' posti simmetricamente dall'una e dall'altra parte del piano verticale rappresentato da $c\mathcal{A}$, egli è chiaro che un punto qualunque $\mathcal{A}$ soffrirà dalla corrente in b e b' azioni eguali, ma in versi opposti; onde tutte le componenti di sì fatte azioni, che sono parallele a sì fatto piano verticale $c\mathcal{A}$, si distruggeranno, e le componenti orizzontali normali a questo piano si sommeranno. Il filo adunque $\mathcal{A}$ si dovrà muovere in un cerchio attorno il centro c . E come ogni strato della calamita produce un'azione del medesimo genere; così la risultante di tutte queste azioni sarà in ciascun istante una forza perpendicolare alla direzione della linea $c\mathcal{A}$, e produrrà la rivoluzione del conduttore intorno ad una calamita parallela a questo conduttore. È questo il caso dell'esperimento IX, in cui la calamita è situata sopra o sotto i conduttori mobili (*fig.* 20 e 22).

84. A comprendere in che modo la calamita galleggiante nel mercurio si metta in giro intorno ad un filo conduttore, si riguardi alla *fig.* 72, in cui la sezione orizzontale della calamita è rappresentata dal piccolo cerchio *etff'*, mentre P è il centro del

cerchio $ETFT'$, che rappresenta la sezione orizzontale di un vaso pieno di mercurio. Di modo che da P si partono le correnti che si formano sulla superficie del mercurio, a cagione del filo conduttore situato in questo centro. La corrente quindi $etft'$ sarà attratta dalle correnti di mercurio, che sono come PvT' alla sua destra, perchè la semicirconferenza etf , in cui la corrente va nel medesimo verso, è più vicina di $ft'e$, in cui va in verso contrario. Sia AS quest'attrazione, eguale alla differenza delle forze esercitate dalle correnti PvT' sopra le due semicirconferenze; non vi ha dubbio ch'essa deve necessariamente passare pel loro centro A , giacchè risulta dalle forze che queste correnti esercitano sopra tutti gli elementi della circonferenza $etft'$, che loro sono perpendicolari, e perciò diretti secondo i raggi di questa circonferenza. La medesima corrente $etft'$ è al contrario respinta dalle correnti, che come PvT sono alla sua sinistra, perchè si muovono in verso contrario nella semicirconferenza $ft'e$ la più vicina a PvT . Sia adunque AS la ripulsione che risulta dalla differenza delle azioni esercitate sopra le due semicirconferenze $ft'e$, etf la quale sarà eguale ad AS' , e farà col raggio PAF l'angolo $EAS' = PAS$, perchè tutto è uguale dai due lati di questo raggio. La risultante adunque di queste due forze sarà AR , e in virtù di questa, che è perpendicolare al raggio e passa pel centro al pari delle due componenti, la calamita non potrà girare intorno al suo asse, ma tenderà in ogni istante a muoversi giusta AR perpendicolare al raggio PAF . E come il mercurio distrugge ad ogni istante la celerità acquistata, e in ogn'istante si rinnova la sua tendenza a muoversi

per AR , egli è manifesto che la calamita deve descrivere la curva perpendicolare a tutte le rette che passano come PAF per P , cioè a dire una circonferenza di cui questo punto è il centro.

85. A rendere più soda questa spiegazione, è da riflettere in prima che sebbene le correnti che si partono da P tendano a portare la calamita nel verso in cui si muovono; pure ciò esse fanno con una forza così debole, che non è capace di vincere la resistenza del mercurio. È inoltre da sapere che le correnti le quali entrano nell'interno della calamita non possono avere alcuna parte al movimento di rotazione; perciocchè le porzioni delle correnti che traversano la calamita non operano in alcuna maniera sopra di questa, perchè le forze che risulterebbero dalla loro azione sulle correnti proprie della calamita, avendo luogo tra le particelle di un medesimo corpo solido, sarebbero necessariamente distrutte da una reazione eguale ed opposta (V. la Memoria di Ampère nel tomo XX degli *Annali di Fisica e Chimica*).

86. Nella rotazione in fine della calamita intorno al proprio asse la corrente discende dal filo nell'asse, e da questo scorre come per tanti raggi dal centro alla circonferenza. Per lo che si generano tante correnti rettilinee, che si vanno allontanando dalle correnti circolari che si trovano in ciascuna particella della superficie della calamita. E come in questo caso, pel num. 41, tendono a far camminare la particella pel verso della sua corrente; così la calamita deve girare nel verso delle correnti che han luogo alla sua superficie. Lo stesso si può affermare per tutti gli altri strati concentrici della calamita. Per lo che la rotazione della

calamita intorno al proprio asse si dichiara per le leggi dell'azione reciproca delle correnti voltaiche, e quelle che si suppongono nelle magneti.

87. Costante è dunque l'identità di azione che si osserva ne' movimenti de' conduttori, e in quelli delle magneti, qualora si trovano nelle circostanze medesime; e la mutua loro azione, che costantemente deriva dalle medesime leggi, ci dà a vedere che le correnti le quali esistono ne' conduttori voltaici debbano del pari esistere nelle magneti. Sicchè il magnetismo non sia altro che elettricità dinamica, e questa produce gli effetti che chiamansi magnetici. Tale argomento riceve una forza novella nel vedere che i conduttori voltaici attirano, come fan le magneti, le particelle di ferro, di acciaio, di cobalto, ec. Di fatto o con un filo conduttore semplice ed una pila molto energica, o pure dando al conduttore una forma di una spirale, e mettendone in comunicazione co' reofori le due estremità di sì fatta spirale, ove questa si applica sopra un foglio di carta piena di limatura di ferro, si vede che le particelle del ferro si attaccano al conduttore e formano quegli stessi pennoncini che formar sogliono quando si attaccano a' poli delle calamite. Ma come si rompe la comunicazione, la limatura ricade, e di nuovo si attacca alla spirale, se tornasi a stabilire la comunicazione co' reofori. I pennoncini poi fan segno che le particelle del ferro, le quali sono immediatamente sospese alla curva, acquistano la proprietà di magnetizzare le altre particelle; e come sì fatte attrazioni non possono aver luogo colla limatura di rame e con altri corpi leggieri, egli è

chiaro che l'azione del filo conduttore non è della medesima natura delle azioni elettriche ordinarie. Da queste esperienze quindi, che furono la prima volta mandate ad effetto dall'Arago, e dall'altre riferite in questo capitolo, ha conchiuso con buona ragione l'Ampère che le correnti elettriche sien cagione degli effetti magnetici, come meglio si vedrà dichiarando tutte le azioni delle magneti nel seguente capitolo.

CAPO III. — DE' FENOMENI MAGNETICI E DEL MAGNETISMO DELLA TERRA.

88. È noto a tutti quel minerale di ferro poco ossidato che distinguesi col nome di *calamita* o di *magnete*, e per la proprietà di attirare alcuni metalli e specialmente il ferro. Questa forza attraente, che appartiene a tutte le parti della calamita, è più d'ogni altro sensibile ne' due punti che chiamansi i *poli*, perchè si dirigono presso a poco verso i poli del mondo. E d'ordinario si riconoscono sì fatti poli della calamita per mezzo della limatura di ferro che in maggior copia a questi punti si attacca. Tra i metalli sono dalla calamita attirati principalmente il ferro, l'acciajo, il nichelo e 'l cobalto, sebbene dalle esperienze di Coulomb siesi ricavato che l'oro, l'argento, il rame, lo stagno, il vetro, la creta, le ossa ed altre sostanze abbiano dato de' segni di essere attratti dalla calamita.

89. L'attrazione magnetica opera anche a distanze notabili; e dalle esperienze del Coulomb, poste ad effetto per mezzo della

bilancia di torsione, si è dedotto che la forza di una calamita regolare sia nella ragione inversa de' quadrati della distanza: ma questa forza, giusta i novelli esperimenti del Barlow, è proporzionale alla superficie, ed è indipendente dalla massa della calamita. L'azione di una calamita si fa sentire a traverso del legno, della carta, dell'acqua e degli altri corpi, senza che da questi sia in alcun modo alterata. S'illanguidisce se resta oziosa, e coll'esercizio per lo più si accresce di vigore. E per conservare ed aumentare la sua forza giova molto di *armarla*, come si vede nella *fig.* 37. La calamita è coperta ne' due lati dalle lamine *rr, ff* di ferro dolce, che son piegate nella parte inferiore ad angolo, e s'insinuano dall'uno e l'altro lato sotto la calamita col piede *a, a*, e le due lamine laterali sono fermate da due fasciature di rame *mm, n'n'*. Ai piedi è attaccata per l'attrazione magnetica la traversa di ferro *ST* detta *áncora*, al cui gancio si appendono i pesi che sostiene la calamita già armata, e da tali pesi si argomenta la sua forza.

90. Il ferro posto in contatto della calamita, o nella sfera della di lei attività, acquista la virtù magnetica. Quando è dolce, presto la perde; ma l'acciajo temperato più tardi la piglia e l'abbandona con più difficoltà, e dotato si dice di una forza *coercitiva*, al par de' corpi in riguardo all'elettricità ordinaria. Però le calamite che diconsi artificiali son tutte formate di acciaio, come quelle che più conservano la virtù magnetica, e diversi metodi furono immaginati per formare le calamite artificiali dotate di gran forza magnetica. Coulomb avendo sfiorato da sì fatti metodi ciò che avean di meglio, è giunto a magnetizzare le verghe di acciaio più

efficacemente di quei che l'avean preceduto, e si possono vedere i modi adoperati da lui nel *Tratt. di Fisica* del Biot, tomo III, lib. IV, pag. 39. Quello che più di ogni altro attira la nostra attenzione, egli è che la calamita niente perde di sua forza magnetizzando il ferro, e per la magnetizzazione, sia attiva sia passiva, nulla perde di peso dalla calamita e dal ferro. Per lo che niente passando dalla calamita nel ferro e da questo in quella, si dice che la virtù magnetica si eccita, non si comunica. Ma sì fatto eccitamento ha un limite, cui giunta la verga magnetizzata, questa si dice *sazia* o *satura*.

91. Comunque sien magnetizzate le verghe sempre, in ciascuna di loro le due metà presentano magnetismo diverso, l'uno chiamato *australe* e l'altro *boreale*, e la massima forza dell'uno e l'altro magnetismo risiede ne' due poli che diconsi *australe* e *boreale*²⁵; ma da questi punti va tanto da una parte e dall'altra diminuendosi la forza dell'uno e dell'altro magnetismo, che nel

²⁵L'autore intende per *polo australe* in una calamita quello che rivolgesi al nord della terra, ed al contrario per *polo boreale* quello che si dirige verso il sud; e ciò ad imitazione di molti fisici stranieri, i quali, nella supposizione che anche il globo sia una calamita, ritengono che ciascun polo di questa debba avere un nome diverso da quello che attrae. In Italia si suole denominare comunemente il polo di una calamita dal polo terrestre verso cui rivolgesi (Vedi § 62). — *Gli Editori*.

mezzo della verga ritrovasi nulla. Ciò non pertanto talvolta avviene che nelle verghe magnetizzate, in luogo di due, si abbiano più poli. Così si possono avere più poli australi e boreali, che in varj punti di una verga alternano e van diminuendo di vigore; e questi punti, che diconsi *consequenti*, perturbano l'azione della verga magnetica. Ma sebbene le calamite artificiali, che prive sono di questo difetto, non abbiano che i due poli di nome diverso; pure, ove si tagliano, ciascun pezzetto presenta i due poli, e diventa una calamita.

Essendo adunque le calamite, sia naturali sia artificiali, fornite delle stesse proprietà, convengono in ciò, che i poli dello stesso nome si respingono, e quei di nome contrario si attraggono, di modo che due calamite che si riguardano per i loro poli australi si respingono, e si attraggono guardandosi col polo australe e boreale. Indi è che collocate in diversi modi le calamite in vicinanza tra loro, manifestano ora i segni di ripulsione ed ora di attrazione. A dichiarare quindi sì fatti fenomeni che diconsi magnetici, furono immaginate più ipotesi, e tra queste levava più romore negli ultimi tempi quella del Coulomb, il quale distinse due fluidi magnetici, l'uno australe e l'altro boreale, che uniti si neutralizzano, e quando sono separati, ciascuno di essi respinge le proprie parti ed attrae quelle dell'altro, non altrimenti che si disse parlandosi de due fluidi elettrici. Il corpo che contiene il fluido composto o neutralizzato si dice nello *stato naturale*. Ma se per qualunque cagione si vengano i due fluidi a scomporre, il corpo si magnetizza, e l'un fluido si accumula in un polo, e l'altro

nel polo opposto; indi i nomi di polo australe e boreale. Con questi principj seppe il Coulomb legare i fenomeni magnetici più importanti ch'erano allora in voce; ma conosciuti oggi gli effetti che producono le correnti elettriche, si vengono meglio e più chiaro a connettere e dichiarare tutti i fenomeni magnetici coll'elettricità dinamica.

92. È stata posta in chiaro nel capitolo antecedente a tal segno l'identità dell'azione di un filo conduttore e di una calamita, che per produrre i medesimi effetti si può sostituire questa a quello, ed all'inverso. Si è quindi ricavato che correnti elettriche esistono nelle calamite, come ne' fili conduttori; ed ora è da dimostrarsi che l'azione mutua delle calamite sia tutta da ritrarsi dall'azione mutua delle correnti elettriche. Sien di fatto le due calamite x, y (*fig.* 33) della medesima lunghezza. accanto l'una dell'altra, e co' poli dello stesso nome rivolti verso il medesimo lato dello spazio, perchè son dirette dall'azione della terra. In tal caso non vi ha dubbio che i poli del medesimo nome, essendo vicini, debbono, come avviene, respingersi; perciocchè supposte sì fatte calamite orizzontali ed alla medesima altezza, le correnti nelle due facce vicine $cd, a'b'$ si muovono in verso contrario. Basta a conoscer ciò, ricordare che in una calamita orizzontale diretta dal globo, giusta il n. 76, le correnti sono ascendenti nella faccia rivolta all'ovest com'è cd , e discendenti in quella che riguarda all'est come in $a'b'$. Ma ove si facesse girare intorno al suo mezzo la calamita y per 180° , senza uscire dal piano verticale in cui era,

allora la ripulsione si convertirebbe in attrazione, secondo insegna l'esperienza; perchè le correnti delle due facce vicine sarebbero dirette nel medesimo verso. E però in questa seconda situazione, in cui i poli di nome contrario si trovano dal medesimo lato dello spazio, avviene l'attrazione; là dove nella prima, in cui i poli dello stesso nome si trovano dal medesimo lato dello spazio, succede ripulsione.

93. Ma sebbene i poli dello stesso nome sien dallo stesso lato, come nella *figg.* 34; pure continuando le due calamite ad esser parallele senza che siano rimpetto, l'esperienza ci mostra che la ripulsione si converte in attrazione; e una sì fatta conversione nasce da ciò, che le correnti della faccia *cd* perdono, a cagione dell'obblività, il vantaggio della vicinanza e dell'azione diretta per respingere quelle della faccia *a'b'*. Di fatto limitandoci alle azioni mutue delle quattro facce verticali rappresentate da *ab*, *cd*, *a'b'*, *c'd'*, chiunque si accorge che avvi ripulsione tra *cd* e *a'b'* e tra *ab* e *c'd'*, ed attrazione tra *ab* e *a'b'* e tra *cd* e *c'd'*. E come la ripulsione delle due facce vicine *cd* e *a'b'* viene per cagione dell'obblività a farsi meno dell'attrazione che ha luogo tra *ab* e *a'b'* e tra *cd* e *c'd'*; così è facile il comprendere che sia da trovarsi un punto in cui la ripulsione si converte in attrazione nel modo che abbiamo dimostrato nel num. 78. In sostanza, avuto riguardo alla posizione delle calamite, il numero delle loro correnti che si respingono va diminuendo, e cresce al contrario quello delle correnti che si attraggono, e allora i due poli di nome differente *A* e *B* (*figg.* 34) sono vicini. Ed il contrario può accadere allorchè le

calamite passano dall'attrazione alla ripulsione. Se lasciando la calamita x (*fig.* 33) nella posizione in cui si trova, e tenendo fermo il polo B' della calamita y , si facesse girare il suo polo A' in modo che y pigliando una posizione verticale i due poli B, B' di x e y si disponessero ad angolo retto, questi due poli si verrebbero a respingere nella stessa guisa che faceano quando le due calamite erano parallele, ma più debolmente, giacchè la distanza fra cd e $a'b'$ sarebbe maggiore, e la corrente, ch'è ascendente in d , a cagione d'esempio, respinge la corrente che è in d' , e ne risulta la ripulsione. Se B' di y in fine riguardasse nella medesima linea il polo B di x , allora vi avrebbe intera ripulsione, perchè le correnti di bd girano in verso contrario a quelle di $b'd'$. Riducendo in somma la posizione delle calamite a posizione delle correnti elettriche che in esse per ciascuno elemento circolano, tutti si dichiarano i fenomeni magnetici, e, quel ch'è più, tutti si ricavano dal calcolo applicato giusta le leggi che han luogo nell'azione mutua delle correnti elettriche.

94. In generale giova l'avvertire che quando una calamita fissa dirige un'altra mobile, e questa si è posta in riposo, allora le correnti vicine delle due calamite deggiono essere dirette nel medesimo verso. Ma come due osservatori situati in queste correnti si riguardano a vicenda col dorso rivolto a' rispettivi assi; così avranno tutti due alla loro dritta il polo australe (num. 67); ma in verità le due calamite rivolgeranno i poli di nome differente verso i medesimi punti dello spazio, giacchè la dritta di uno degli osservatori corrisponde alla sinistra dell'altro. In questo modo i

poli del globo e di una calamita, che sono di nome diverso, corrispondono ai medesimi punti dello spazio nord e sud; e i poli di nome differente di due calamite si rivolgono del pari a' medesimi punti dello spazio, perchè così le correnti vicine nel globo e nella calamita o pure in due calamite si muovono nel medesimo verso. Tutti i fenomeni in somma provengono da unico principio, una è la direzione secondo cui si muovono le correnti riguardate e calcolate nello stesso modo che si è detto trattando delle correnti dei conduttori voltaici.

95. L'operazione di magnetizzare l'acciajo temprato colle correnti elettriche viene di più a fiancheggiare che in sì fatte correnti sia da collocarsi la cagione de' fenomeni magnetici. Arago, seguendo le tracce di Ampère, cominciò a piegare in elica o spirale una porzione del filo congiuntivo, ne attaccava indi gli estremi rettilinei a' poli della pila, e collocava in fine nell'asse della spira entro un tubetto di vetro l'ago da magnetizzare. Ora così operando, l'ago dopo pochi minuti trovavasi fornito di virtù magnetica, avendo il polo australe nell'estremità vicina al polo negativo della pila, e 'l boreale presso il polo positivo, se le spire dell'elica vanno da destra a sinistra; ma se queste vanno da sinistra a destra, il polo boreale ed australe si rovesciano. Di che ritrasse l'Arago che basta cangiare la direzione trasversale della corrente per cangiare i poli della verga che si vuol calamitare. Di fatto avvolgendo egli intorno al medesimo filo di acciaio due eliche piegate prima da destra e sinistra e poi da sinistra a destra, ebbe egli nel filo di acciaio dei punti conseguenti. Poichè partendo

dall'estremità dell'acciajo, in cui la corrente dell'elica produce un polo boreale, se si arresta il filo dell'elica verso il mezzo del filo di acciaio, quivi si trova un polo australe; e come nell'altra metà dell'acciajo la corrente gira in verso contrario, vi ha da principio in questa seconda metà un altro polo australe contiguo al primo, e sul fine un polo boreale. Per lo che col solo cangiare che si fa per molte volte la direzione trasversale che hanno le spire di differenti eliche, che stanno avvolte al medesimo filo di acciaio, si possono produrre tanti punti conseguenti che si vogliono, e questi altro non indicano che un cangiamento di direzione nelle correnti circolari. Ma senza l'ajuto della pila è giunto l'Arago a magnetizzare facendo passare a traverso le spire di un'elica una serie di scintille tirate dalla macchina elettrica. Se le scintille provengono da un conduttore positivo, l'effetto è lo stesso sull'acciajo, come se l'estremità dell'elica fosse in comunicazione col polo positivo della pila; e se le scintille si tirano da un conduttore negativo, l'effetto succede in verso contrario. Per lo che basta per magnetizzare una verga di acciaio di circondarla di un filo disposto in elica, a traverso del quale si stabiliscono delle correnti elettriche, sia per la comunicazione coi due poli di una pila, sia per le scariche successive di una batteria²⁶.

²⁶Questi esperimenti si sono variati in parecchi modi dai signori Gazzeri, Ridolfi ed Antinori, di cui può vedersi un circostanziato ragguaglio nel tomo XVI della *Bibliothèque universelle*, pag. 101, 1821. — *Gli Editori*.

96. Dopo ciò è facile il comprendere in che modo l'Ampère vada spiegando la magnetizzazione dell'acciajo. Suppone egli che nell'acciajo, o in altri corpi che son capaci di ricevere la virtù magnetica, esistano delle correnti che vanno in tutte le direzioni irregolarmente; e come la loro azione per la irregolarità si distrugge, così non manifestano alcun segno di magnetismo. Ma subito che le correnti regolari delle calamite e delle spire si approssimano alle correnti irregolari di quei corpi, queste sono da quelle dirette e determinate in una comune direzione, ed atte divengono a palesare gli effetti magnetici. In questo senso magnetizzare non è altro che dare una determinata direzione a tutte le correnti che avean prima luogo irregolarmente ne' corpi atti a ricevere la virtù magnetica. Oltre di ciò, si crede ancora che le calamite o in generale le correnti elettriche possono per influenza far nascere e dirigere delle correnti ne' corpi che si vogliono magnetizzare. Questo modo di azione sarebbe del tutto simile all'attrazione ch'esercita un corpo elettrizzato sopra un corpo allo stato naturale, scomponendo prima il fluido naturale di questo, e respingendo poi il fluido dello stesso nome per attirare il fluido di nome contrario. Sicchè, giusta il pensiero dell'Ampère, le correnti elettriche già sviluppate o nelle calamite o ne' conduttori voltaici dirigono le correnti delle molecole di acciaio, se queste ne hanno, o pure le eccitano e le dirigono in-

sieme, se queste molecole non han delle correnti, e così si comunica o meglio si eccita la virtù magnetica. Ma sia che le correnti esistano o no ne' corpi capaci di essere magnetizzati, sempre debbono essere dirette dall'altre regolari e già sviluppate; ed una sì fatta direzione nell'acciajo temprato, nel minerale di ferro, ec., resta durevole, là dove o nel ferro dolce o nel nicolo dolce non dura ed è passeggera. E però la proprietà magnetica si conserva indefinitamente nell'acciajo, e manca nel ferro dolce subito che gli manca il contatto colla calamita o col conduttore voltaico; perchè la sua virtù magnetica cessa cessando le correnti elettriche, o pure perdendo queste la regolare direzione nel caso che restano (*V. Esposizione delle nuove scoperte sull'elettricità e l'magnet.* per Ampère e Babinet).

Questo pensiero dell'Ampère ben si adatta alla spiegazione de' metodi con che si calamitano le verghe di acciaio. Quando si stropiccia sulla calamita un picciolo ago, questo si magnetizza; ma l'ago è da stropicciarsi sempre nel medesimo verso, perchè non si strugga la prima direzione che le correnti dell'ago avean ricevuto da quelle della calamita. Sicchè lo stropicciare magnetizza, perchè le correnti elettriche della calamita dirigono quelle dell'ago. Per lungo tempo si usò di strisciare ad angolo retto la verga da magnetizzarsi sul polo della calamita; ma l'effetto che se ne ottenea era piccolo, e non di rado viziato da' punti conseguenti. Ora un sì fatto metodo e i suoi difetti ben si dichiarano colla dottrina delle correnti elettriche. Sia $B'A'$ (*fig.* 35) una verga di acciaio, e BA una calamita, la quale si supponga

in prima che strisci ad angolo retto col suo polo boreale sulla verga da B' in A' . In tal caso la direzione delle correnti della calamita sono in versi contrari dalla parte che riguarda B' e dall'altra che riguarda A' ; e perciò la calamita dee produrre, dalle estremità B' sino al punto del contatto, delle correnti nella verga, che vanno in verso contrario a quelle che si producono dal punto del contatto sino all'altra estremità A' . Le prime sono nella direzione mn , come indicano le frecce, e le altre nella direzione contraria $m'n'$. Ma come la calamita va scorrendo verso A' le correnti contrarie $m'n'$ si distruggono, e altre se ne producono nel verso mn . Per lo che l'estremità della verga B' , da cui ha cominciato il moto, dovrà presentare il polo boreale, o sia del nome stesso della calamita; e quella A' , in cui è finito, avrà un polo di nome contrario, come di fatto avviene secondo l'esperienza. Ed in verità un osservatore posto sulle correnti mn col dorso rivolto all'asse della calamita viene a sortire il polo B' alla sua sinistra, e l'altro A' alla destra.

97. Ma se la verga è d'acciajo molto duro, potrà accadere che le correnti $m'n'$ col camminar della calamita convertir tutte non si potranno nella direzione mn , ed una o più di queste correnti che resteranno nel senso inverso a tutte le altre, formeranno, come suole avvenire, de' punti conseguenti. Per evitar quindi questo difetto, e magnetizzare con più facilità, si è inclinata la calamita sulla verga, come si vede nella *fig.* 35, e sotto una tale inclinazione, che non è molto grande, si striscia da B' in A' . Egli è certo che in questo modo le correnti della calamita che sono

verso pq operano, a cagione della distanza, con minore energia su i punti corrispondenti della verga; ciò non pertanto la loro azione vien favorita da ciò, che non più operano per produrre nella verga delle correnti situate in piani perpendicolari ai propri, ma per produrne di quelle che sono in piani, che formano un angolo acuto, eguale a quello che fanno i due assi della calamita e della verga di acciajo; e però la loro azione in luogo di diminuirsi si aumenta, e più energiche risultano le correnti mn , e più deboli le $m'n'$, queste saranno più facilmente convertite nella direzione di quelle; e però facilmente si eviteranno i punti conseguenti, e la verga acquisterà più forza magnetica per le correnti più energiche mn . È solamente da fuggirsi un'inclinazione troppo grande della calamita sopra la verga; perchè in tal caso l'angolo de' due assi diviene troppo piccolo, e la distanza delle correnti verso pq si accresce a segno che giunge a diminuire l'energia delle correnti mn . Or tutto questo è conforme all'esperienza, è un conseguente della teorica delle correnti, ed un sì fatto metodo di calamitare chiamasi a *semplice contatto*.

98. Se in luogo di strisciare lungo la verga una sola calamita ad angolo retto, se ne impiegano due a piccola distanza l'una dall'altra, e in modo che la tocchino con poli di nome contrario, allora la magnetizzazione della verga risulta ancora più forte; perciocchè movendosi le correnti nelle facce delle due calamite che si riguardano nello stesso verso a cagione de' poli che sono di nome contrario, ne segue che le correnti dell'una e dell'altra ca-

lamita uniscono la loro forza per produrre o dirigere nel medesimo verso che il proprio le correnti elettriche, ne' punti che sono compresi nell'intervallo delle due calamite. E come un sì fatto intervallo che separa le due calamite, strisciando queste lungo tutta la verga, ne va occupando successivamente tutta la lunghezza; così tutti i punti della verga resteranno energicamente magnetizzati con tale artificio, che porta il nome di *doppio contatto*. Ma senza progredire più oltre spiegando tutti i fenomeni che han luogo nel comunicare che fanno le calamite la loro virtù alle verghe di acciaio, può chiunque da sè raccogliere dagli esposti principj la dichiarazione, o leggerla nella citata Memoria di Ampère e Babinet, o nel *Suppl. alla Chimica* del Thomson nel cap. del *magnet. e dell'elettricità*, pag. 248, ec.

99. Nella stessa maniera che una calamita comunica la sua virtù magnetica alle verghe di acciaio, il nostro globo magnetizza del pari gli aghi e i ferri. Basta di fatto che questi sieno abbandonati a loro medesimi per pigliare il magnetismo della terra, soprattutto quando sono situati obbliquamente all'orizzonte. Però i fisici ne' tempi andati han considerato la terra come una gran calamita, o almeno come quella che contiene nel suo centro un nocciolo magnetico. Ma al presente si riguarda il globo non altrimenti che una pila, in cui i poli trovandosi in comunicazione, han luogo le correnti elettriche. E come queste correnti circumterrestri producono o dirigono quelle degli aghi, de' ferri aguzzi, o di altri strumenti di ferro e di acciaio; così la terra con quelle sue correnti eccita in questi ferri o strumenti la virtù magnetica.

Crederesi quindi inutile di ammettere ne' corpi un fluido magnetico australe o boreale, che si neutralizza coll'unione, e spiega la sua energia quando l'uno è dall'altro separato; e in generale potendosi spiegare i fenomeni colle correnti, non si deve nè ammettere nè supporre un'altra forza ne' corpi, come sarebbe la magnetica. L'esistenza poi di queste correnti si argomenta da ciò, che tutti i corpi che da noi sono chiamati terrestri giusta le scoperte del Davy, sono degli ossidi metallici. Per lo che è da suporsi che sotto la crosta ossidata del globo trovinsi i metalli puri che sono attaccati dall'acqua, e da altre sostanze che li circondano, e si producono così delle correnti elettriche, alle quali il verso, secondo cui si muove la terra da ponente a levante, imprime una direzione determinata dall'est all'ovest. Sulla superficie stessa della terra hanvi tanti strati eterogenei sovrapposti gli uni agli altri, che possono produrre una scomposizione di fluido elettrico analoga del tutto a quella che ha luogo nella pila, e perciò delle correnti simili a quelle della pila. Ma qualunque sia la causa della disposizione elettrica del globo, egli è certo che la terra opera come se fornita fosse di correnti elettriche dirette perpendicolarmente al meridiano magnetico dall'est all'ovest verso l'equatore²⁷.

²⁷Intorno alla conghiettura di attribuire alle correnti elettriche il magnetismo del globo terrestre, può consultarsi una *Memoria* di Barlow con un'esperienza fatta sopra un globo artificiale,

100. Si conviene da tutti che l'azione della terra dirige un ago magnetico verso il nord; ma resta a spiegarsi la *declinazione* o sia l'angolo che fa il meridiano magnetico coll'astronomico, per cui il polo dell'ago al presente non si dirige giusto al nord, e declina dal polo della terra verso l'ovest, come si osserva nell'ago della bussola (*fig.* 39). Ma una sì fatta declinazione in alcuni punti della terra è nulla, e in altri è maggiore o minore, ed è in generale soggetta a molte frequenti e notabili variazioni. Ciò non pertanto nel medesimo tempo in ogni dato luogo è eguale in tutti gli aghi magnetici, le cui direzioni son sempre parallele. Quello poi che pare degno di esser notato, egli è che trovansi nella terra delle bande o delle linee in cui la declinazione è nulla, e queste linee, che non son sotto lo stesso meridiano, formano delle curve molto irregolari e flessuose (V. Biot, tomo II del *Comp. di Fisica*). Finalmente non è da tacersi che la declinazione varia nel medesimo luogo in tempi diversi, e ai medesimi punti ora è stata nulla ed ora più o meno, o pure ad est ed ovest, e tante volte l'ago

ossia sopra un apparato di legno rappresentante il globo terrestre, su cui si fanno scorrere delle correnti voltaiche, per le quali il globo artificiale agisce sur un ago calamitato nella stessa guisa del terrestre. Si veggia la detta *Memoria* nel fascicolo di marzo 1832 della *Bibliothèque universelle*, pag. 236, e le *Osservazioni* dei Redattori di quel Giornale nel mese di aprile successivo, pag. 371. — *Gli Editori*.

magnetico variamente declina al variar dello stato igrometrico o termometrico. Ora in generale l'ago dev'essere perpendicolare, pel num. 65, alla direzione delle correnti, e però al variare della direzione delle correnti deve variare la declinazione dell'ago. Varia quindi l'equatore magnetico, lungo cui muovonsi le correnti; e si crede che la differenza la quale corre tra l'equatore terrestre e magnetico possa derivare dalla rivoluzione del globo nell'orbita dell'ecclittica, e possa presentare un periodo di variazione che sia analogo a quello dell'inclinazione di quest'orbita.

101. Un ago calamitato si dirizza non solo nel meridiano magnetico, ma si abbassa ancora più o meno secondo i luoghi, e quest'abbassamento del polo dell'ago sull'orizzonte si chiama *inclinazione dell'ago*. Di fatto un ago che non magnetizzato starebbe sul pernio in una situazione perfettamente orizzontale, magnetizzato che sia, inclina più o meno all'orizzonte verso il polo più vicino, eccetto in alcuni pochi punti della superficie terrestre. Poichè in vicinanza dell'equatore l'inclinazione è nulla, e l'ago sta perfettamente orizzontale in molti punti, da' quali risulta una curva irregolare detta *equatore magnetico*, che serpeggiando intorno all'equatore terrestre, lo taglia almeno in tre modi, e se ne allontana or più or meno tanto verso il sud quanto verso il nord. La massima sua distanza dall'equatore verso il sud è di $14^{\circ}10'$, e corrisponde a circa 28° di longitudine occidentale; e verso il nord è di $11^{\circ}47'$ alla longitudine orientale di 62° . Si può vedere questa curva dell'equatore magnetico delineata dal Morlet nel *Comp. di Fisica* del Biot, tomo II, pag. 84. Ma a misura che l'ago magnetico

si trasporta dall'equatore verso i poli, l'inclinazione aumenta, e dovrebbe l'ago pigliare una posizione vorticale là dove sono i poli magnetici.

102. L'inclinazione si misura per mezzo della bussola detta d'inclinazione, che si osserva nella *fig.* 38. L'ago magnetico *ab* per mezzo di un asse, che ne traversa precisamente il centro di gravità, è sospeso nel centro di un cerchio verticale *mm'*, che può rotare intorno ad un asse verticale e descrivere tutta la circonferenza del cerchio orizzontale *pp'*, il cui centro è riposto in quell'asse. E questo cerchio orizzontale piglia perfetta la sua orizzontalità per le viti del piede, e per mezzo di un livello a bolla d'aria che sopra quel cerchio riposa. In tal posizione adunque in cui l'ago non si può muovere nel verso orizzontale, che n'è impedito, e solo può oscillare nel verso verticale, ove si disponga il cerchio *mm'* in un piano perpendicolare a quello del meridiano magnetico, l'ago piglia una situazione verticale che è stabile. Girando poi il cerchio verticale *mm'* per 90° sull'orizzontale *pp'*, ivi l'ago piglierà quella situazione che gli è propria, o sia formerà un angolo colla verticale che misura e determina l'inclinazione. Coll'ajuto quindi di sì fatta bussola si è misurata l'inclinazione ne' varj punti della terra, e nello stesso luogo in varj tempi; e tutte queste osservazioni sono state, quanto più si può, legate da Humboldt e Biot con una formola, dicendo che la tangente dell'angolo d'inclinazione è doppia della tangente dell'angolo di latitudine magnetica. Ma questa legge non si può estendere senza qualche modificazione a quelle parti della terra ove sono sensibili

le influenze, da cui hanno origine le inflessioni dell'equatore magnetico. Di fatto si limitarono quei due fisici a considerare le inclinazioni presso quella porzione di equatore magnetico ch'è sensibilmente circolare, o a distanza tanto grande da esso equatore, che le sue inflessioni si tengano come evanescenti.

103. Questa formola si fonda sulla supposizione che sien situati presso che nel centro della terra i centri di azione, verso cui sieno spinti i poli dell'ago magnetico con forze reciproche al quadrato della distanza; e quest'azione è stata ricavata dalla supposizione di un nocciolo magnetico rinchiuso nell'interno del globo terrestre, o dalla risultante principale di tutte le particelle magnetiche disseminate in tutta la terra. Ma oggi non si hanno che correnti elettriche, e l'inclinazione dell'ago magnetico deriva dalle attrazioni ch'esercitano tra loro le correnti che si muovono nel medesimo verso. Siccome le correnti terrestri che stanno nell'equatore, sono situate per noi al sud; così l'ago magnetico diretto dall'azione della terra non solo si deve comporre perpendicolare alla direzione di quelle correnti, ma deve rialzare la sua estremità che riguarda il sud, e abbassare quella che riguarda il nord. Giacchè le correnti dell'ago che riguardano la terra, si muovono dall'est all'ovest, come quelle della terra; e queste correnti terrestri dovendo attrarre le altre dell'ago, rialzano l'estremità sud, e in corrispondenza abbassano l'estremità nord. È vero che le correnti terrestri respingono quelle dell'ago che sono nella parte superiore, e muovonsi in verso contrario; ma le attrazioni ch'esse esercitano sopra le correnti che sono nella parte inferiore

dell'ago e muovonsi nel medesimo verso, superano le ripulsioni delle altre; e quindi il *maximum* di azione avendo luogo verso il sud, fa nel nostro emisfero inclinare l'estremità dell'ago che riguarda il nord. Nello stesso modo nell'altro emisfero essendo le correnti terrestri al nord dell'ago, fan che questo innalzi l'estremità che riguarda il nord, ed inclini l'altra che riguarda il sud. In sostanza l'inclinazione dell'ago magnetico si riduce all'esperimento già da noi dichiarato nel num. 55.

104. Poste le direzioni della forza magnetica della terra, che sono indicate dalla declinazione e inclinazione dell'ago, se n'è cercata l'intensità; ma su di ciò abbiamo delle scarse osservazioni. Si misura questa intensità per mezzo del numero delle oscillazioni che fa in un dato tempo l'ago magnetico sospeso a un complesso di fili non torti, e si è così conosciuto che l'intensità della forza magnetica va crescendo dall'equatore verso i poli. Humboldt ha trovato che lo stesso ago magnetico faceva in 1' al Perù 211 oscillazioni, e 245 a Parigi; e quindi ha ricavato che l'intensità della forza magnetica a Parigi sta alla medesima intensità al Perù :: $245^2:211^2$, ossia :: 134:100. Rappresentata quindi per 100 l'intensità all'equatore, sarà 127 a Napoli, 134 a Parigi, 137 a Berlino, ec.²⁸. L'intensità in somma di questa forza, essendo proporzionale al quadrato del numero delle oscillazioni fatte in un

²⁸La forza in discorso si è trovata espressa a Milano da 131 ed a Roma da 126. — *Gli Editori*.

dato tempo, va crescendo di energia dall'equatore magnetico andando verso i poli. Ma non è da tacere ch'essa non diminuisce almeno sensibilmente all'altezza di 7000 metri nell'atmosfera, siccome si è conosciuto da un viaggio aerostatico di Gay-Lussac.

105. La direzione della forza magnetica nel medesimo luogo della terra è sottoposta ad ineguaglianze diurne ed annuali, che si manifestano per mezzo dell'ago d'inclinazione, o della bussola orizzontale. Le variazioni diurne dell'ago riduconsi a piccole oscillazioni periodiche, che l'allontanano dalla sua direzione media, le quali furono avvertite nel 1722, e ridotte a periodo dal conte Cassini nel 1791. Trovò la declinazione che giunge al *maximum* verso l'ovest tra il mezzogiorno e le tre della sera. L'ago resta indi stazionario, e poi si va accostando al meridiano sino alle 8, e nuovamente si arresta sino al giorno appresso. Ma le più grandi tra queste variazioni diurne han luogo per Cassini tra l'equinozio di primavera ed autunno, e giungono in Parigi a 14'. Tra l'equinozio poi di primavera e 'l solstizio estivo la declinazione va scemando, e cresce negli altri tempi. Gilpin fece delle simili osservazioni, e diede a conoscere che in Londra la declinazione è minima tra le 7 e 8 della mattina, e massima tra l'una e le due del mezzogiorno. Altre osservazioni ha fatto dopo il 1817 il colonnello Beaufoy nel suo Osservatorio di Buslsey-heeth, che han confermato le conclusioni del Cassini. Ma le osservazioni che si reputano al presente le più diligenti ed esatte, sono quelle dell'Arago in Parigi, di cui si attende la pubblicazione per potersi stabilire i periodi delle variazioni diurne ed annuali,

sebbene questi periodi oggi si mettono da alcuni in forse, come si può vedere nel tomo XVI degli *Annali di Fisica e di Chimica*. Il prof. Hansteen inoltre ha annunciato che l'intensità del magnetismo terrestre è sottoposta a variazioni diurne ed annue, come del pari delle stesse variazioni crede egli che non vada esente l'inclinazione dell'ago, che non si era prima di lui con diligenza osservata (V. *Bibl. univ.* tomo XXXI, pag. 283). Anzi questo Professore per legare tutti i fenomeni relativi alle variazioni della declinazione e inclinazione dell'ago e della intensità della forza magnetica, suppone che esistano quattro punti o centri cui si dirigono e verso cui convergono le direzioni delle forze magnetiche, due boreali e due australi, de' quali due più forti e due più deboli (V. l'estratto della Memoria di Hansteen nella *Bibl. univ.* tomo XXXII, pag. 161 e 252, *sul numero e la situazione de' poli magnetici della terra*).

106. Il metodo adoperato dall'Hansteen per valutare la forza magnetica consiste nel numero delle oscillazioni che un ago magnetico cilindrico, sospeso orizzontalmente ad un filo senza torsione, eseguisce in un tempo dato, e questo metodo già da alcuni si comincia a porre in pratica (V. il tomo XVII degli *Ann. di Fis. e Chim.* pag. 326). Anzi Poisson ha immaginato un novello apparecchio per potersi d'oggi innanzi estimare i cangiamenti d'intensità che potranno esser sensibili dopo lunghi intervalli di tempo (V. *Bibliot. univ.* tomo XXXI, pag. 116).

107. Quello che mi pare degno di esser notato, egli è che secondo l'insegnamento dell'esperienza il grado di magnetismo di

un ago d'acciajo aumenta quando la temperatura si abbassa, ed al contrario quello si affievolisce quando questa si eleva. Dall'esperienze in fatti del Christie, che registrate sono nelle *Filosofiche Transazioni* (parte I, 1825), si raccoglie che calcolando per 1 l'intensità magnetica di una calamita alla temperatura di 62°F, ciascun grado di accrescimento di temperatura ne faceva diminuire l'intensità per 0,000654. Si ricava oltre a ciò dalle stesse esperienze, che superando la temperatura i gradi 80 di Fahr., la diminuzione della forza magnetica farsi più rapidamente, che prima non si era fatta ne' gradi sotto 80°; e che decresce molto più ne' gradi superiori al 100. Indi oggi si piglia gran cura, nelle osservazioni che s'instituiscono sulla forza magnetica terrestre ne' diversi punti del globo, di segnare la temperatura, e si tenta di ridurre, per quanto al presente si può, la durata delle oscillazioni dell'ago ad una temperatura normale. Per lo che le intensità magnetiche medie giusta Christie e Hansteen van diminuendo la mattina, e sono minime verso le ore 10 o 11, in cui il sole si avvicina al meridiano magnetico; ed al contrario van crescendo la sera, e giungono al *maximum* verso le ore 9 o 10 della sera. Nè altra differenza corre tra le osservazioni dell'uno e dell'altro, se non quella, che le medie intensità del Christie decrescono più rapidamente la mattina, e crescono più lentamente la sera, che non fan le altre dell'Hansteen (V. *Bibliot. univ.* tomo XXXI, pag. 310).

108. Oltre alla temperatura, è da tener conto dell'influenza

del sole. Sebbene il Christie attribuisca alla differenza di temperatura le anomalie dell'ago magnetico osservato in casa e ad aria aperta; pure il Barlow, che ne avea eseguito l'esperienze, le ritraea da qualche azione del sole. Anzi lo stesso Christie assicura per le sue esperienze (*Bibliot. univ.* tomo XXXIV, pag. 191) che le oscillazioni di un ago qualunque, e più d'ogni altro quando questo è magnetico, cessano più presto quando si fanno al sole, che quando si eseguiscono all'ombra. Donde ha egli argomentato che la luce bianca del sole esercita un'influenza magnetica. E però alcuni fisici son venuti nell'opinione che il sole tramanda magnetismo alla terra, ed altri che la terra ne trasmette al sole. Ma lasciando stare le ipotesi, il Morichini nel 1813 scoprì che il raggio violetto dello spettro prismatico somministrava la virtù magnetica ad un ago di acciaio, e la sig. Sommerville venne a conoscere nel 1825 che non solo i raggi violetti dello spettro, ma anche gli azzurri, sia che passino a traverso di vetri colorati, sia che sieno concentrati, magnetizzano gli aghi di acciaio; ed altra differenza non passa tra l'una e l'altra maniera di raggi, se non che gli azzurri eccitano più debole la forza magnetica, e vogliono più tempo che non fanno i violetti. Il metodo che ella pose in opera fu semplicissimo; perchè esponendo al raggio l'estremità dell'ago copri di un pezzo di carta tutto il resto, e lasciando in tale stato per qualche tempo l'ago, questo acquistava la forza magnetica. Non così potè riuscire coi raggi rossi ed arancini e con i calorifici dello spettro; di che argomentò che non provenia da elevazion di temperatura, ma di particolar natura dei raggi più

refrangibili violetto e azzurro. Non si può quindi mettere in dubbio che una relazione vi abbia tra la luce e 'l magnetismo, come un'altra ve ne ha tra il calorico e 'l magnetismo, molto più dopo le esperienze di Seebeck da Berlino sulla polarizzazione magnetica de' metalli e delle terre per l'ineguaglianza di temperatura (*Bibliot. univ.* tomo XXXIV, pag. 119).

109. A queste considerazioni posero mente l'Ampère e tutti gli altri che riducono i fenomeni magnetici a quei delle correnti elettriche, o sia alla elettricità dinamica. Han dichiarato le variazioni diurne ed annuali dell'ago magnetico come provenienti dall'influenza ch'esercita il sole sulle correnti elettriche circumterrestri col suo cammino apparente intorno alla terra. Poichè sapendosi già che la variazione del calore nei corpi basta, siccome abbiamo osservato nel num. 70, ad immutare il loro stato galvanico, e l'intensità delle loro correnti elettriche, riesce più facile a comprendere come il sole traversando col suo moto diurno tutti i meridiani dall'est all'ovest riscaldi successivamente tutte le parti del globo che corrispondono sotto i diversi meridiani, e produca o pure immuti le correnti elettriche in un verso determinato, facendone variare l'intensità. Non è così per quelle anomalie dell'inclinazione e declinazione dell'ago, o pure dell'intensità della forza magnetica della terra, che pare vogliano schivare una legge, e ci lasciano ancora incerti sulla posizione reale de' poli e dell'equatore magnetici. Forse questi cangiamenti, che abbracciano un periodo molto più lungo, dipendono da variazioni

più generali che han luogo nella disposizione delle correnti elettriche del globo. Forse molte cause locali, quali sono i continenti, e gli strati diversi geologici e diversi minerali, e sopra tutto le diverse scomposizioni, possono influire in punti particolari della terra in tal modo che manifestino e diano a vedere una irregolarità o un turbamento nelle leggi generali. Ma sì fatte anomalie, che provengono da circostanze locali, non possono recare ingiuria alla sodezza della teorica.

110. Non ci resta in fine che a far menzione di quelle variazioni straordinarie che si osservano nell'ago magnetico, a cagione di alcune circostanze atmosferiche, o di altro disordine terrestre. Le aurore boreali di fatto producono nell'ago de' movimenti irregolari e notabili, ancorchè, secondo le osservazioni di Arago, abbiano luogo ad una gran distanza, o non sieno visibili nel luogo in cui l'ago si osserva. I tremuoti del pari producono, giusta le osservazioni dello stesso Arago, de' movimenti istantanei nell'ago, che questo fan dondolare come un pendolo dall'est all'ovest, ancorchè sì fatti tremuoti non sieno stati da alcuno avvertiti nel luogo o nei contorni del luogo in cui si osserva. È noto in ultimo che il fulmine cadendo vicino a un ago, ne ha cangiato talvolta tutto ad un tratto i poli, ed è stato così cagione di disastri e di gravi accidenti. Ora sebbene ancor non si conosca quale sia la relazione ed il legame che passi tra l'ago magnetico e quelle meteore straordinarie; pure a spiegare il rovesciamento de' poli molto si confà la dottrina delle correnti elettriche; perchè il fulmine, ch'è un gran torrente di elettricità, potrà giungere colla sua

forza a cangiare il verso in cui si muovono le correnti elettriche dell'ago, e questo cangiato, sono da rovesciarsi i poli che sono sempre relativi al senso in cui si muovono le correnti²⁹.

²⁹Dopo la scoperta dei fenomeni elettro-magnetici prodotti dalle correnti, e l'analogia che si ravvisa fra gli effetti di una calamita elettro-dinamica e quelli di una calamita ordinaria e della terra; riesce di non difficile spiegazione l'influenza delle aurore boreali sull'ago calamitato. Ma forse, nello stato attuale delle nostre cognizioni, non si giunge a comprendere come alcune circostanze atmosferiche, e principalmente il terremoto, esercitano un'influenza sulla *declinazione dell'ago*. Tuttavolta vi sono dei fatti che confermano una tale influenza, le cui circostanze bene studiate potranno col tempo servire per dare una chiara spiegazione del fenomeno. Bernoulli verso il 1767 osservò pel primo una perturbazione nell'ago prodotta dal terremoto. Il P. della Torre ha notato un cambiamento di più gradi nella direzione dell'ago durante il tempo dell'eruzione del Vesuvio presso Napoli. Si vuole che gli uragani, la neve, i temporali, ec., abbiano pure qualche influenza sull'ago calamitato. A proposito di queste cause perturbatrici dell'ago, ecco un nuovo fatto abbastanza circostanziato. Il giorno 23 febbrajo 1828 nelle miniere di carbone fossile di Wiesh presso Muhlheim sul fiume Ruhr, circa 52 metri sotto il livello del mare, 140 metri sotto la superficie del suolo, e 467 metri circa dal pozzo d'ingresso

111. Da tutto ciò che sinora abbiamo esposto, si vede che la calamita, tutti i corpi magnetici, il globo stesso non sono che corpi forniti di correnti elettriche, e che l'identità del magnetismo e dell'elettricità è un argomento di fisica il più assodato dall'esperienza. Qualunque sia il giudizio che da alcuni si porti sull'ingegnosa teorica dell'Ampère, egli è certo che i fenomeni relativi all'azione delle calamite e delle correnti, ed anche i movimenti singolari di rotazione scoperti dal Faraday, e l'azione mu-

della miniera, il sig. Zobel, che si occupava di alcune misurazioni e levamenti col sussidio della bussola, osservò verso le ore 8 $\frac{1}{2}$ alle 9 antimeridiane nell'ago di questa dei movimenti così stravaganti, che gl'impedirono di servirsene per la misura degli angoli. L'ampiezza di queste oscillazioni, dirette dal nord al sud, giungeva sino a 180° , ed alcune si mostrarono anche nel verso dell'inclinazione. Queste perturbazioni dell'ago della bussola durarono da 15 in 20 minuti primi.

Il sig. Zobel seppe poscia che fu sentita nello stesso tempo una scossa di terremoto la quale per altro non fu sensibile nelle molte miniere che si stendono da Muhlheim lungo quel fiume, mentre fu notabilissima ad Essen, a Bochum, e debolissima a Bortmund, ove le scosse avevano la direzione dall'ovest all'est. — *Gli Editori.*

tua delle calamite tra loro, si possono tutti ben dichiarare supponendo che le calamite e i corpi magnetici sieno forniti di un sistema di correnti elettriche, disposte in un certo ordine, ordine che da noi si imita, e ci porge una vera calamita per mezzo della sola elettricità. È certamente un'argomentazione quella di supporre nella terra delle correnti che muovonsi dall'est all'ovest; ma egli è certo che i fenomeni ci provano la ragionevolezza di una tal supposizione, e che l'azione esercitata dal globo terrestre sugli aghi magnetici, e i fenomeni che questi manifestano per l'azione della terra, sono ottimamente dichiarati con quella supposizione. Finalmente è da notare che l'Ampère ha già recato innanzi una formula matematica e generale, che rappresenta ed esprime tutti i fenomeni delle correnti, e si applica colla stessa precisione a quei delle calamite. Per lo che la dottrina elettrodinamica deve oggi formare una parte della fisico-matematica, la quale va di continuo accrescendosi, e non ha guari si è anche arricchita della teorica matematica del calore³⁰.

³⁰ A compiere il ramo di fisica che l'Autore ha compreso sotto il nome di *elettricità dinamica*, vi mancherebbero i principali fenomeni scoperti dopo la pubblicazione di quest'opera, e che risguardano principalmente l'*azione del magnetismo sulle spirali elettro-dinamiche*, ossia le proprietà delle correnti sviluppate nelle spirali metalliche dalle calamite d'ogni specie. I quali fatti costituiscono il così detto *magneto-elettricismo*, di cui parleremo al fine di questo volume in un'*Appendice*, per non

uscire qui dai limiti in cui è circoscritta una semplice *nota*. —
Gli Editori.

CONCHIUSIONE DEL TRATTATO DEGL'IMPONDERABILI

112. I fisici riducendo sulle prime in gruppi separati i fenomeni della luce, del calore, dell'elettricità e del magnetismo, riposero la causa di tali maniere di fenomeni in principj disgiunti, che chiamarono *fluido*, *luce*, *calore*, *elettrico* e *magnetico*. E come s' fatti principj o cause de' fenomeni non si possono nè pesare nè misurare, ma si manifestano solo con evidenza, per la loro azione sopra gli altri corpi; così sono stati chiamati fluidi, o *sostanze imponderabili*. Di quando in quando a misura che i fisici ordinavano e legavano i fenomeni con s' fatti principj, pareva loro di vederli analoghi; ma come giungeano ad osservare s' fatta analogia per argomentazioni e per piccole simiglianze, così non osavano ridurre più ordini di quei fenomeni ad un solo principio. È stato a nostri dì che i fenomeni magnetici non già per illazioni, ma coll'esperienze, si sono ridotti alla elettricità, e i fenomeni della luce e del calore son quasi conosciuti già identici per una causa comune da cui traggono origine e dipendono. Indi una s' fatta riduzione di quattro a due principj, che ha avuto luogo per la via de' fatti e della esperienza, è stato un gran passo che si è dato per l'avanzamento della scienza, e segna un'epoca novella nella fisica; perciocchè tanto più cresce la scienza, quanto meno è il numero de' principj che dichiarano i fenomeni, e quanto è più il numero de' fenomeni dichiarati con gli stessi principj. Lieti i fisici di sì fatte riduzioni, hanno sospinto più alto i loro pensamenti, e più

colla immaginazione e colle loro argomentazioni che co' fatti hanno ricavato i principj già ridotti da un'origine comune. L'etere a loro sentimento è un fluido universale, eminentemente elastico, al cui movimento o riposo sono da riferirsi la luce e l'oscurità, il calore ed il freddo. Di modo che per la frequenza e la forza variabile delle vibrazioni si hanno luce più o meno intensa e colori diversi, calore più o meno forte; e la luce può diventare calore, e questo luce. Ma l'etere è composto di due fluidi, che separati esercitano delle azioni attrattive e repulsive, mentre dalla loro unione risulta un fluido neutro, senz'azione, solamente elastico, l'*etere*. Da questo fluido dunque scomposto risultano i due stati elettrici che manifestano la tensione positiva e negativa; e quindi le correnti elettriche, allorchè i due fluidi trasportati continuamente verso i punti in cui si neutralizzano, circolano per un movimento continuo, e dalle correnti vengono le azioni magnetiche che ne derivano. Altro adunque non si ammette che l'etere o sia fluido universale in riposo, in movimento, composto e scomposto, per dichiararsi tutti i fenomeni di luce, di calore, di elettricità e di magnetismo; e tutti questi fenomeni non sono che azioni diverse di un medesimo fluido universalmente sparso in tutto l'universo. È questo lo stato attuale della scienza intorno a' fluidi imponderabili; ma sempre inerendo a' nostri principj, separiamo le ipotesi da' fatti, e lasciando star il pensiero di questo fluido universale che si reputa la causa di tutti i fenomeni, abbiamo segnato nelle nostre istituzioni quelle riduzioni che sono rassodate dall'esperienze. Sarebbe stato lo stesso che ingannare la gioventù

studiosa, se nel tempo che la fisica ricca di novelli fatti sta cangiando di principj e di dottrine, si fosse da noi trascurato di palesare tali cangiamenti, e d'indicare il sentiero in cui al presente stanno i fisici discoprendo nuove e riposte verità. Ma perchè meglio si conosca la copia de' travagli che han durato i fisici della presente nostra età, e l'importanza delle scoperte che essi hanno per fortuna recato, basta tracciare in poche linee l'andamento e i progressi di queste varie branche della scienza fisica.

113. Presso gli antichi, o sia da' Greci sino al secolo XV, non si conobbe che il cammino della luce in linea retta, e la catottrica, che non fu senza errori insegnata, mentre del tutto ignoravasi la diottrica. L'altro periodo va sino a Newton, e in questo periodo Maurolico dichiara la teorica degli occhiali, che non conoscevasi, sebbene fossero stati ritrovati nel secolo XIII. Keplero di più spiega la maniera del nostro vedere; s'inventa il telescopio; Snellio, o, come oggi vogliono i Francesi, Descartes dimostra la legge della rifrazione. Grimaldi in fine riconosce la diffrazione della luce; Bartolino trova la doppia rifrazione, ed Huyghens stabilisce la legge di questa modificazione della luce, recando innanzi la teorica delle ondulazioni, la quale non potè progredire per l'autorità di Newton, che mise avanti quella delle emanazioni³¹.

³¹I primi fondamenti del *sistema delle ondulazioni* per la spiegazione dei fenomeni luminosi furono gettati da Grimaldi nella sua opera pubblicata molti anni prima di quella d'Huygens. Infatti il Fisico olandese fece conoscere i suoi pensieri sulla

114. L'ottica del Newton fu data fuori nel 1706, ed essa è stata il codice di tutti i fisici sino a' nostri dì. E in verità, oltre alle sue spiegazioni teoriche su i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione della luce, trovansi in essa le più belle e delicate esperienze sulla dispersione de' colori e sopra gli anelli colorati; esperienze rassodate dal calcolo ed applicate ancora alla spiegazione

luce coll'opera: *Traité de la lumière*, à Leide 1690; mentre nell'opera di Grimaldi: *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque annexis*, Bononiae 1665, si trova alla pro. 22, p. 187, il passo seguente: *Un corpo attualmente illuminato può diventare più oscuro aggiungendo della nuova luce a quella che di già riceveva. Questa proposizione è un paradosso che a primo aspetto sembrerà affatto improbabile; poichè è proprietà caratteristica della luce d'illuminare i corpi sui quali cade, e non di renderli oscuri. Questo paradosso è tuttavolta una verità certa, a cui si può dare il maggior grado d'evidenza con una facile esperienza, quantunque, a mio credere, essa non sia ancora stata fatta da alcuno.* Ed il Fisico italiano prova la sua proposizione in una maniera decisiva e di facile intelligenza a tutti. Ecco il fatto principale su cui fondasi il famoso *principio delle interferenze*, quel principio da cui traggono gli argomenti in loro favore i seguaci del *sistema delle ondulazioni*, che ora ha incominciato a diffondersi nelle scuole, e sembra voglia prendere il posto che occupa il *sistema d'emissione*. — *Gli Editori.*

di alcuni fenomeni della natura, come quello dell'iride. Nello stesso tempo Roemero misura la velocità della luce, Bouguer getta i fondamenti della fotometria, che furono poi meglio fiancheggiati dal Lambert; e la scienza della luce sino al 1710 intese più d'ogni altro ad adornarsi di formule algebriche. Da questa epoca in poi si sono perfezionati i telescopj colla scoperta delle lenti acromatiche, che seppe Dollond ritrovare coll'ajuto di Eulero e di Klingestierna, e di apparecchi più precisi si è arricchita la prospettiva. Ma in questo nostro secolo Malus esaminando gli effetti della doppia rifrazione nello spato d'Islanda, scoprì quella modificazione della luce che chiamasi *polarizzazione*; Biot e Brewster riconobbero che la polarizzazione ha luogo ancora per rifrazione, e si accorsero de' colori delle lamine cristallizzate, che traversa la luce polarizzata; Young recò innanzi il principio delle interferenze, e Fresnel ed Arago l'applicarono alla teorica della rifrazione, della polarizzazione, della doppia rifrazione, e soprattutto alla spiegazione della diffrazione della luce, che prima non ben si conosceva e non senza istento poteasi dichiarare³². Sicchè a giorni nostri si sono immaginati altri e più utili apparecchi per l'illuminazione de' fari; nuovi mezzi si sono introdotti per la misura della luce, altri per discernere le gradazioni delle tinte colorate; la scintillazione delle stelle fisse si è riferita al principio delle interferenze; e i più delicati apparecchi, inventati dal Fresnel a

³²Veggasi la *nota* al § precedente. — *Gli Editori*.

svelare i fenomeni della diffrazione, ornano la sala dell'Osservatorio di Francia. Per lo che aumentato già il numero de' fatti, questi formano un corpo di dottrina, in cui il calcolo corre talora a rassodare l'esperienze, e talvolta a predirne i risultamenti.

115. Con passi più lenti è ita progredendo la dottrina del calore, e venne ne' tempi moderni per opera di chimici soprattutto illustrata. Si trova verso il 1600 un'idea di termometro, od uno strumento imperfetto per misurare i gradi del calore; perciocchè fu Newton il primo che indicò i veri principj e 'l metodo giusta cui è da regolarsi un sì fatto strumento³³. Fahrenheit e Réaumur verso il 1700, e poi Deslile e De-Luc intesero principalmente a

³³I veri principj per costruire dei *termometri paragonabili* fra loro furono dati da Renaldini, prof. a Padova, nella sua opera: *Philosophia naturalis. Patav.* 1694, in fog., T. III, pag. 276. Il suo termometro ha per estremi della scala l'acqua bollente ed il ghiaccio deliquescente, come si usa oggidì nella costruzione di tale strumento. Il suo metodo di segnare i gradi, in cui deve essere diviso quell'intervallo, differisce dal processo adottato attualmente con tutte quelle avvertenze e cautele che i progressi della fisica hanno poscia suggerito. Newton ha immaginato il suo termometro verso l'anno 1701, e aveva scelto per estremi della scala la temperatura del ghiaccio e quella del calore umano. Fahrenheit e Réaumur costrussero i loro termometri molti anni dopo Newton. — *Gli Editori.*

perfezionare il termometro, che sortì in fine tutta la sua esattezza per le fatiche di Gay-Lussac. Qualche esperienza verso il 1740 diede a vedere la riflessione del calorico raggiante, e poi lo Scheele ne dimostrò le proprietà, e meglio in fine ne scrissero i due ginevrini Pictet e Prevost. Black intanto, che finì di vivere nel 1799, richiamava l'attenzione de' fisici sul calorico latente; e Crawford, non senza l'ajuto dell'Irvine, pubblicava delle tavole sulla diversa capacità de' corpi a contenere il calorico, finchè Lavoisier e i chimici e fisici della sua scuola stabilirono nozioni più esatte intorno al calorico per fondare la chimica pneumatica. D'allora in poi si è accresciuta la dottrina del calorico per la via di fatti e per quella della teorica. Han battuto la prima strada Rumford e Leslie co' loro termoscopj, ed ultimamente Petit e Du-Long colle loro squisite esperienze sul raffreddamento de' corpi. Han poi impreso l'altra via Prevost da Ginevra col suo equilibrio mobile del calorico, e più d'ogni altro Fourier e Poisson, che han fondato la teorica sopra i fatti, e coll'ajuto del calcolo han ricavato e misurato gli effetti certi e riposti del calorico.

116. Se parlando della luce e del calorico abbiamo notato l'uno e l'altro ramo della fisica essersi principalmente accresciuto sul finire del secolo XVIII e a tempi nostri, non altrimenti vedremo che sia accaduto per l'elettricità e 'l magnetismo. Non parlo degli antichi, che intorno alla elettricità altro non conobbero se non l'attrazione che certe sostanze strofinate, come l'ambra gialla ed altre pietre preziose, esercitano su i corpi leggieri, e intorno al magnetismo altro non seppero se non che la calamita

attira il ferro. Non si ebbero che verso il fine del secolo XVI le notizie che le due estremità della magnetite erano in due stati differenti; che si poteano avere delle ripulsioni come delle attrazioni; e che i corpi calamitati si dirigono presso a poco al nord ed al sud nel verso della loro lunghezza. Per lo che Gilbert, che scoprì sì fatte proprietà, e 'l suo libro *De magnetibus* formano la prima epoca della dottrina del magnetismo. Parimente è da giungere sino alla metà del secolo XVII per trovare Ottone Guericke che inventa la macchina elettrica, ed osserva le scintille che scappano da' corpi elettrizzati; ma in verità fu nel 1700 che Gray trovò il modo di fermare l'elettricità ne' corpi conduttori per mezzo de' coibenti che l'isolano, e si poterono di allora in poi meglio osservare ed esaminare i fenomeni elettrici. Le conoscenze intorno al magnetismo ristettero sino al finir del secolo XVIII; perciocchè i fisici di altro non si occuparono che de' metodi di forte calamitare le verghe di acciaio senza più. Ma le cose elettriche verso il 1750 attirarono a sè gli occhi e lo studio di tutti per la scoperta della boccia di Leida, per la distinzione delle due elettricità posta innanzi dal Dufay, e più di ogni altro per la teorica del Franklin, e per la dimostrazione che questi fece dell'identità della materia del fulmine coll'elettricità. Sopraggiunsero quindi l'esperienza del Symmer e del Cigna, per ispiegar le quali immaginò il P. Beccaria l'elettricità chiamata *vindice*, e detta con miglior ragione dal Volta *permanente* o *indeficiente*, che in sostanza non è altro che l'*influenza elettrica*, in virtù della quale venne il Volta inventando l'elettroforo e 'l condensatore. Fu del pari di

questi tempi ch'Epino pensò di applicare il calcolo a' fenomeni elettrici, e di riunire questi agli altri del magnetismo; ma in verità fu Coulomb che ne conobbe con esattezza le leggi fisiche, e diede a vedere colla bilancia di torsione che l'elettricità decresce nella ragione del quadrato della distanza, e si può dire che il solo Coulomb valse a scoprire le leggi delle azioni, sia attrattiva sia repulsiva, così delle forze elettriche come delle magnetiche. Di fatto diede il modo di stimare la forza magnetica, indicò come si potea misurare in ogni luogo della terra la declinazione e l'inclinazione dell'ago, riconobbe il magnetismo de' corpi terrestri, esaminò lo stato di una calamita in tutti i punti della sua lunghezza, e condusse questa branca della fisica a dignità di scienza.

117. Ma il fine del secolo XVIII segna un'epoca importante ed illustre ne' fasti della fisica; perchè nel 1792 Volta immaginò la pila, ch'è divenuta a' nostri dì la sorgente delle più grandi scoperte in fatto di fisica e di chimica³⁴. Basta notare che appena fu conosciuta l'azione della pila sull'ago calamitato, Ampère, studiandone gli effetti, è giunto a riunire l'elettricità col magnetismo, non formando oggi che un solo ed unico trattato. Finalmente non dubitandosi più di sì fatta identità, vanno oggi i fisici

³⁴Alle luminose invenzioni di Volta furono cagione i fenomeni scoperti da Galvani (Vedi la *nota* alla pag. 2 di questo volume [*nota n. 1 nella presente trascrizione elettronica Manuzio*]). — *Gli Editori*.

indicando l'influenza ch'esercitano i dischi metallici o non metallici in quiete sopra l'ago magnetico, che oscilla a varie distanze orizzontalmente sopra di loro; giacchè quei dischi ne ritardano l'ampiezza delle oscillazioni più o meno secondo la distanza. Vanno inoltre dimostrando l'azione ch'esercitano quei dischi rotando sotto l'ago magnetico in quiete coll'imprimere a questo una deviazione ed anche una rivoluzione. Questa scoperta delle azioni de' corpi in moto sulle calamite, e de' corpi in riposo sulle magneti mobili, è stata fatta dall'Arago, nè si sa ancora a qual genere di forza sia da riferirsi (V. *Bibliot. univ.* tomo XXXII, pag. 180 e 278)³⁵.

118. Passando in rivista le scoperte fatte intorno all'elettricità e al magnetismo, non è da far parola del preteso *magnetismo animale*, o sia degli effetti del magnetismo sulla macchina animale. Poichè o le prodigiose guarigioni operate dal Mesmer, o il sonnambulismo determinato artificialmente o a volontà per via di gesti e di frizioni, o pure i *trattori metallici* del Parkins, che risanavano le malattie col solo strisciare alcuni piccoli coni composti di ferro e di ottone sulle parti inferme, ad altro non si riducono

³⁵Non sono ancor due anni che una nuova classe di fenomeni si è scoperta, l'*influenza delle calamite sulle spirali elettro-dinamiche*; da cui si ha argomento di poter concatenare coi fatti conosciuti il magnetismo che si sviluppa per rotazione. — *Gli Editori.*

che a ciarlatanismo, ad esaltata immaginazione, alla mobilità de' nervi, alla legge della natura umana che ci porta all'imitazione ed alla volgare credulità (Vedi l'estratto della Memoria del Bertrand *sul magnet. anim.* nel tomo XXXVI, pag. 63 e 215 della *Bibl. univ.*). Ciò non pertanto non è da dubitare che le correnti elettriche e l'elettricità ordinaria, come anche la luce e 'l calorico, non abbiano gran parte nel sistema organico e ne' fenomeni della vita; ma ancora non abbiamo su ciò de' fatti che ci possano rischiare. È solamente da avvertire che il Becquerel è giunto a scoprire delle correnti elettriche là dove prima non si potevano sospettare, e molte Memorie si leggono negli *Annali della Società Linneana per gli anni 1824 e 25*, in cui queste novelle dottrine sulla luce, sul calorico e sull'elettricità applicate si sono alla vegetazione.

È stato questo l'andamento e 'l progresso della scienza ne' quattro rami che diconsi degl'imponderabili; e da' passi che sonosi finora fatti, chiaro si raccoglie quanto avanti, più che in ogni altro tempo, siesi progredito in questa nostra età. Ma sebbene diminuito siesi oggi il numero de' principj; pure non possiamo ancora ricondurli ad un solo, e possiamo soltanto cavare gran pro dalle novelle scoperte, o per la spiegazione de' fenomeni, o per gli usi della vita e della società.

DELL'ATMOSFERA

119. Si conosce da tutti che immersi noi siamo in un fluido che preme e talvolta agita i corpi, resiste ai loro movimenti, sostiene a galla delle sostanze leggere, e circonda tutta la terra. Si crede, nè senza fondamento, che il calore assottigliando i solidi, mettendo in evaporazione i liquidi, o pure combinandosi con alcuni corpi, abbia dato nascita a questo gran volume di uno o più fluidi ch'è stato chiamato con greco vocabolo *atmosfera* o *sfera di vapori*. Ma quale che sia stata la sua origine, egli è certo che l'atmosfera si mantiene e rinnova per continue e giornaliere composizioni e scomposizioni, che han luogo tra essa e i corpi terrestri. Per lo che si può non solo considerare come il serbatoio di un numero immenso di particelle che dalla terra levandosi vanno in essa a stanziare; ma come un laboratorio chimico altresì, nel quale più e più combinazioni e scomposizioni e precipitazioni ad ogni momento e costantemente avvengono.

120. S'ignora quale sia l'altezza dell'atmosfera; poichè tutti i metodi sinora posti in opera per definirne i limiti sono riusciti incerti ed inesatti. E però svariati sono i pareri e le determinazioni de' fisici, ed al più si è ricavato dall'altezza d'alcuni fenomeni accaduti nell'atmosfera, che questa non giunge al di là di 15 in 20 leghe. Ma egli è certo che la sua figura debba essere sferoidale. Siccome l'azione della gravità, che si può considerare come se emanasse dal centro della terra, raggiunge l'atmosfera, e la costringe a girare in 24 ore come fa la terra; così la porzione

di essa che sovrasta all'equatore terrestre è animata di una forza centrifuga maggiore di quella che fuori dell'equatore le altre porzioni sospinge. Di che viene, giusta la dottrina delle forze centrali, che la colonna atmosferica la quale poggia sull'equatore terrestre, debba essere tra tutte la più alta, e le altre colonne atmosferiche che sovrastano ai luoghi della terra interposti all'equatore ed ai suoi poli, vanno successivamente e gradatamente decrescendo di altezza. Rotando in somma l'atmosfera non può tenersi in equilibrio, se i due suoi raggi, l'uno dell'equatore e l'altro de' poli, non sieno ineguali, e la sua figura, al par di quella della terra, non sia elevata sull'equatore e schiacciata a' poli.

121. Ma l'oggetto principale nel trattar dell'atmosfera è quello di conoscere e dichiarare que' fenomeni che nel suo seno han luogo, e muovon talora la nostra maraviglia. E come una sì fatta ricerca è difficile ed intricata; così a quella ci conduce della natura delle parti che l'atmosfera formano e compongono; perciocchè coll'ajuto di tale ricerca può venirci fatto di giungere alla causa fisica de' fenomeni atmosferici. Non conosciamo ancora, egli è vero, tutte le parti dalle quali l'atmosfera risulta; ma assai avanzati siamo nella conoscenza di quei fluidi che sono permanenti, e la parte principale ne formano. Per lo che volendo rintracciare la ragione fisica de' fenomeni atmosferici, stimiamo convenevole di sciogliere l'atmosfera, per quanto da noi al presente si può, in tutte le sue parti, per esaminarne prima ad una ad una le proprietà, e poi da queste parti conosciute e riunite trarre, per quanto ci è concesso, la causa dei fenomeni. Per buona fortuna

sono stati già da noi stabiliti i modi, giusta i quali operano e la luce e 'l calorico e 'l fluido elettrico, che di continuo immutano e modificano lo stato dell'atmosfera; di sorte che ajutati dalla conoscenza di sì fatti fluidi e da quella delle parti principali dell'atmosfera, speriamo, se non in tutto, almeno in parte di ritrovar la cagione de' fenomeni atmosferici.

CAPO PRIMO — DELLE PROPRIETÀ FISICHE DELL'ARIA ATMOSFERICA.

Considerando attentamente l'atmosfera, ben si conosce ch'essa non avendo riguardo a' corpi che a galla vi stanno, risulta sopra d'ogni altro di un fluido invisibile, trasparente, senz'odore e colore, che chiamasi *aria atmosferica*. Son quindi da indicarsi le proprietà di questo fluido, affinchè si conosca in che modo opera, e in qual modo conferisce alla produzione de' fenomeni. Ora i fisici han trovato il modo di conoscerne le proprietà formando, quanto meglio si può, uno spazio senz'aria, affinchè osservando quello che accade senza la presenza dell'aria, argomentar si potessero gli effetti ch'essa produce colla sua forza. Ed a questo oggetto hanno eglino dirizzato la *macchina pneumatica*, ch'è destinata a formare, quanto più si può, uno spazio privo di aria.

122. Guericke da Magdeburgo inventò nel 1650 la macchina pneumatica, la quale è rappresentata nella *fig. 60*. *AB* è una campana di cristallo che posa sul piano *XY*, che chiamasi il *piattello* o *disco* della macchina, e l'orlo di questa campana è così pulito a

smeriglio, che posato aderisce al piattello. SS è un cilindro di rame ben calibrato, dentro cui movesi uno stantuffo per mezzo del manico MN , che prima l'alza e poi lo manda giù. Ma lo stantuffo è forato nel fondo, e ne ha il buco coperto di un taffetà sparso di gomma, il quale è in tal modo attaccato, che l'aria venendo di sotto l'alza e passa; e poi standosi sopra ne preme l'apertura e lo chiude; però questo taffetà porta il nome di *valvola*. Il tubo t comunica col bucolino c del piattello e col cilindro SS , e là dove comunica con questo è fornito di una valvola, affinché l'aria dal tubo possa entrare nel cilindro, ed entrata non possa più ritornare indietro.

Girando il manico MN si alza lo stantuffo, e quindi resta priva di aria la capacità del cilindro. Di che viene che l'aria racchiusa sotto la campana AB e nel tubo t apre la valvola e passa in parte nel cilindro. Si spinge poi in giù lo stantuffo, e l'aria che già è entrata nel cilindro, non potendo più ritornare nel tubo, è stretta ad uscir fuori a traverso la valvola dello stantuffo. In questa guisa movendo giù e su lo stantuffo si caccia ad ogni volta una porzione dell'aria racchiusa sotto la campana, finchè l'altra parte che resta non ha più forza di aprire la valvola. Per lo che quanto più facile è questa ad aprirsi, tanto più è la quantità dell'aria esclusa e l'approssimazione al vòto. Indi alcuni in luogo di valvola usano delle chiavi, o pur de' piattelli assai lisci, l'uno de' quali sopra l'altro scorre, e di altri simili artifizj.

123. Spesso la macchina pneumatica in luogo di un cilindro suol portarne due con due stantuffi, come si vede nella *fig. 61*.

Allora girando la manovella, mentre si alza uno stantuffo, l'altro nello stesso tempo si abbassa, e con maggior prontezza l'aria si estraе. In molte altre maniere si è poi perfezionata questa macchina da Smeaton, Hurter, Haas, Fortin ed altri.

Premessa adunque la descrizione d'una sì fatta macchina, si può, con l'ajuto di essa, passare allo studio ed all'indagine delle proprietà fisiche dell'aria.

Esperimento I.

Se un fiasco, da cui s'estrae prima l'aria colla macchina pneumatica, si pesa, si vede che pesa meno quando è privo d'aria, e più quando di aria è pieno.

Esperimento II.

Adattate un cilindro di rame al piattello della macchina, e chiudete con una pelle o con un vetro o colla palma della mano la sua apertura superiore; osserverete che come si va estraendo l'aria dalla capacità del cilindro, la pelle da prima diventa concava e poi si scoppia crepando, il vetro si fa in pezzi, e la mano resta fortemente attaccata al cilindro.

Esperimento III.

Facendo combaciare i due emisferi cavi di rame *A, B* (*fig.* 63) pel loro circolo massimo, si estraгga, aperta la chiave *C*, dal loro interno l'aria; si osserva che chiusa *C* i due emisferi forte aderiscono tra loro, e in tale maniera, che adattando il pezzo *D*, e tirando due persone in verso contrario i due emisferi, non giun-

gono a distaccarli. Ed all'opposto se aderenti già tra loro gli emisferi si mettono sotto la campana della macchina pneumatica, ove si va estraendo l'aria dalla campana, si osserva che gli emisferi non oppongono più una sensibile resistenza alla loro separazione.

124. Da questi ed altri simili esperimenti egli è chiaro che l'aria atmosferica è fornita di peso. Per cagion di sì fatto peso il fiasco nell'esperimento I pesò più quando era pieno di aria, e la pelle nell'esperimento II e il vetro si ruppero, e la palma della mano restò forte attaccata. Per il peso parimente dell'aria, che forte preme gli emisferi detti di Magdeburgo, questi si possono a stento disgiungere; e mancato all'inverso, come nell'esperimento III, il peso dell'aria, di leggieri si separano.

125. Questa verità del peso dell'aria fu conosciuta dagli antichi, ed in particolare da Empedocle e da Aristotile, ma del tutto obbliata dagli Arabo-peripatetici. Venne poi al rinascimento delle scienze tornata in luce e maravigliosamente comprovata dal Torricelli³⁶. Di fatto è famoso l'esperimento chiamato *Torricelliano*, che consiste nell'

³⁶Il peso e la pressione che esercita l'aria sui corpi, fu una delle scoperte più importanti e memorabili fra quelle che si fecero nella fisica, dopo il risorgimento delle scienze. Essa mostrò alla turba degli Scolastici e dei Peripatetici, ed agl'ingegni di quei tempi, che soltanto coll'ajuto dell'esperienza, e non con fantastiche speculazioni, si giunge a fare dei sicuri progressi

Esperimento IV.

Una colonna di mercurio ch'empie un tubo di vetro chiuso ermeticamente all'estremità superiore e lungo 35 poll. ingl., resta sospeso all'altezza di 30 poll., ove l'orifizio inferiore aperto s'immerge in un vaso pieno di mercurio.

126. Questo esperimento rappresenta due colonne, una di

nello studio dei fenomeni e delle mirabili opere della natura. Che Empedocle, che Aristotile, che gli antichi abbiano congetturato, abbiano detto, abbiano scritto, l'*aria è pesante*, noi non vogliamo contraddire ciò al chiarissimo professore Scinà: ma che quella gente ne avesse dato una prova di fatto, ne avesse mostrato il peso con uno sperimento, in che, a dir vero, sta il punto della questione; noi non possiamo concederglielo. Bacone da Verulamio anzi era inclinato a credere l'*aria nè pesante nè leggiera*, ma piuttosto una sostanza media fra i corpi pesanti e leggieri. Il primo a dare una prova di fatto del peso dell'aria fu Galilei, che la valutò soltanto 400 volte meno pesante dell'acqua; e Torricelli poscia colla celebre esperienza, nota sotto il suo nome, fece conoscere la pressione che esercita questo fluido sui corpi del nostro globo. Nella determinazione del peso dell'aria Galilei si serviva d'un vaso sferico, in cui condensava un tal fluido per mezzo d'una siringa, e dall'aumento di peso del vaso deduceva quello dell'aria iniettata nel medesimo. — *Gli Editori*

aria atmosferica e l'altra di mercurio, che si equilibrano tra loro. Altissima è la prima, e appena giunge a 30 poll. la seconda; ma i loro pesi sono eguali e tengonsi in equilibrio. Indi dall'altezza maggiore o minore del mercurio nel tubo si può riconoscere il peso maggiore o minore dell'atmosfera. Però questo tubo, che chiamasi Torricelliano, porta oggi il nome di *barometro*, o sia di misura del peso dell'aria. Si può osservare applicato alla macchina pneumatica nella *fig.* 60, ove si vede il tubo *XIL* pieno di mercurio, e distinto in pollici; ma del barometro terremo parola in luogo più opportuno. Si può qui notar solamente che, giusta gl'insegnamenti dell'idrostatica, si valuterà la pressione dell'aria sopra una superficie qualunque per il peso di un prisma di mercurio, la cui base è la superficie compressa, e l'altezza è determinata da quella del mercurio nel tubo barometrico.

Il peso dell'aria si manifesta ovunque e sotto varie forme.

Esperimento V.

Posta da prima sotto la campana pneumatica una bilancia che porta in equilibrio un pezzettino di piombo ed un pezzo di sughero, ove poi si estrae l'aria, si vede che l'equilibrio della bilancia si rompe, e questa trabocca dalla parte del sughero.

127. Siccome piccolo è il volume del piombo e molto più grande quello del sughero; così avviene, giusta le leggi dell'idrostatica, che il sughero immerso nell'aria, ch'è pesante, perde più peso, e meno ne perde il pezzettino di piombo. L'equilibrio adunque nell'aria risultava da pesi ineguali, e tolta l'aria, appare all'istante il difetto dell'equilibrio. Per lo che il peso de' corpi, che

sono di differente specifica gravità, non si può mai riconoscer con esattezza in mezzo all'aria, ma solamente nel vòto.

Esperimento VI.

Estratta l'aria dalla campana *AB* (*fig.* 71), s'immerga il tubo *D* in un vaso pieno di acqua; si osserva allora che aperta la chiave, l'acqua del vaso s'innalza e schizza in alto sotto la campana.

L'aria come fluido opera in ogni verso, e premendo la superficie dell'acqua che stassi nel vaso, la stringe a salire a traverso del tubo sotto la campana, dalla quale, se non tutta, è stata estratta una gran parte dell'aria. Non potendosi adunque equilibrare, fatto il vòto, l'aria esterna con quella sotto la campana, ne segue che la forza maggiore o sia la pressione dell'aria esterna vinca la minore, e l'acqua s'innalzi.

Esperimento VII.

L'acqua nel vòto comincia a bollire assai prima che giunga a 100° C, e i liquidi capaci di passare allo stato aeriforme accelerano la loro volatilizzazione nel vòto.

128. Lo svolgimento de' vapori dell'acqua e quello de' gas dipende dal calorico, e noi abbiamo già dimostrato che questo deve prima vincere la pressione dell'aria. Di modo che, mancando l'aria, deve il calorico vincere una forza di meno, e si accelera la conversione dell'acqua in vapori, o di altri liquidi in gas. Però l'evaporazione, le gasificazioni, ec., succedono più frequenti su i monti che ne' piani, ne' quali la pressione dell'atmosfera è più

forte. Sopra Monbianco, giusta le osservazioni del Saussure, l'acqua bolle a 69°R , e questa differenza di 11° è tutta da attribuirsi alla pressione dell'atmosfera, ch'era molto minore a quell'altezza. Indi i fisici nelle loro osservazioni e ne' loro esperimenti debbono sempre tener conto del peso dell'aria, che agevola o ritarda certe azioni ed operazioni sui corpi.

129. Siamo ora in istato di ben dichiarare alcuni fenomeni che avvengono d'ordinario innanzi agli occhi nostri. L'aria esterna premendo le poppe della madre fa scorrere il latte nella bocca dei bambini, che succhiando il capezzolo ne aspirano l'aria interiore. Quando tirato lo stantuffo nella siringa si forma il vòto, è la pressione dell'aria esterna che introduce l'acqua, ed è la pressione ineguale tra l'aria dentro e fuori delle ventose che raccoglie il sangue e fa gonfiare la carne. Nè d'altro che dalla pressione dell'aria derivano gli effetti del *sifone*, che serve ad estrarre e a travasare i liquidi. Si dice sifone un tubo ricurvo a braccia ineguali, di cui s'immerge il braccio più corto nel liquido, e l'altro si lascia aperto nell'aria. E come col succhiare si fa il vòto, sale il liquido nel braccio immerso, e di là scorrendo cade pel braccio più lungo ed esce fuori. Ciascun vede che l'aria premendo la superficie del liquido stringe questo a salire, e di là cadendo in virtù del suo peso sgorga fuori vincendo la resistenza dell'aria.

130. Siccome l'aria è pesante, ed esercita come fluido la sua pressione in ogni verso, così avviene che il corpo umano è premuto in ciascun punto della sua superficie da una colonna di mercurio alta 30 poll. ingl. (num. 126) (28 poll. fr.), che equivale

ad una colonna d'acqua alta 32 piedi franc. Mettendo quindi in computo la pressione totale che esercita l'aria sulla superficie di un corpo di mezzana grandezza, si è valutata quasi di 40000 libbre fr. Ciò non pertanto gli uomini non soffrono nè restano impediti ne' loro movimenti; poichè i liquidi che stanziavano nell'interno del nostro corpo, sono atti a sostenere una sì fatta pressione dell'atmosfera, e l'aria che risiede dentro di noi, ed eziandio entro le nostre ossa, è capace di contropesare l'azione dell'aria esteriore. Anzi, per l'impenetrabilità delle molecole degli organi, l'aria che ci preme da dritta e da sinistra, disopra e disotto, dinanzi e di dietro, si equilibra da sè stessa in tutti i punti, e non oppone una sensibile resistenza a' nostri movimenti. La densità de' fluidi e de' solidi ne' corpi organizzati corrisponde a quella del mezzo in cui debbono abitare. Però i pesci, che vivono sotto l'acqua del mare ad una profondità di due o tre mila piedi, sostengono un peso forse ottanta volte più grande dell'aria atmosferica, senza restare oppressi, come da noi si tollera senza alcun pregiudizio il peso dell'atmosfera. Anzi i corpi organizzati vengono a patire quando la densità del mezzo in cui vivono venga notabilmente a mancare. Di fatto i pesci, che sogliono stanziare nel fondo del mare, non possono vivere allorchè sono portati alla superficie, e gli animali e le piante vengono meno nel vòto; perciocchè i gas racchiusi ne' loro organi si dilatano, i liquidi tendono a ridursi in vapore, i vasi notabilmente si distendono, e l'organizzazione è pronta a distruggersi. Noi stessi montando sopra le alte montagne, o pure elevandoci nell'atmosfera per

mezzo de' palloni aerostatici, soffriamo dello stento nel respirare, sentiamo accelerare le nostre pulsazioni, e talora vediamo che il sangue ci scorre dal naso e dalle orecchie.

Esperimento VIII.

Si prenda un tubo di vetro ben calibrato e piegato in due braccia, l'uno più corto chiuso ermeticamente e l'altro più lungo aperto; e vi si versi un poco di mercurio, che restando giusto nella curvatura di questo tubo separi la colonna dell'aria chiusa nel braccio più corto dall'altra del braccio più lungo che comunica coll'atmosfera. Ora, in tale stato, non vi ha dubbio che l'aria del braccio più corto è compressa semplicemente dal peso dell'aria atmosferica.

Ma se per mezzo di un piccolo imbuto si va versando mercurio nel braccio più lungo, si osserva che il mercurio andrà salendo nell'altro braccio, e si va così restringendo in questo lo spazio che occupava l'aria, la quale ristretta in minor volume si va addensando. Anzi se la colonna del mercurio premente equivale al peso dell'atmosfera, allora l'aria nel braccio più corto occuperà la metà dello spazio che prima occupava, ossia acquisterà una doppia densità. Solamente nel computo della colonna premente son da trascurarsi le due colonne di mercurio, che sono allo stesso livello nell'uno e nell'altro braccio, perchè queste si equilibrano tra loro; ed è da tenersi soltanto computo della colonna residua che sovrasta nel braccio più lungo.

Versando nuovamente mercurio si restringe nuovamente l'aria nel braccio più corto; e quando tutta la colonna premente

equivale a due atmosfere, l'aria si restringe o addensa in un volume ch'è un terzo di quello che prima avea.

Ora l'aria da prima fu premuta dalla sola atmosfera, e poi fu gravata dall'atmosfera e da una colonna di mercurio equivalente al peso di un'atmosfera, o sia fu compressa da due atmosfere; e quindi da un'atmosfera e da una colonna di mercurio equivalente a due atmosfere; e però fu gravata da tre atmosfere. I pesi adunque crescono nella ragione 1, 2, 3, e i volumi in corrispondenza sono 1, $1/2$, $1/3$, e quindi il volume dell'aria è nella ragione inversa de' pesi comprimenti.

131. Quest'esperienza fu da prima mandata ad effetto dal Boyle e dal Mariotte, e replicata poi dai fisici che vennero dopo, con quella diligenza che maggiore si può. Si è quindi stabilito che qualunque sia la temperatura, purchè si mantenga costante, i volumi dell'aria atmosferica sono in ragion reciproca, e le densità nella diretta de' pesi comprimenti.

Una sì fatta legge, che si è trovata esattissima per le medie pressioni e densità, si può esprimere in linguaggio algebrico, dicendo p la pressione iniziale, e V il volume corrispondente dell'aria, e p' una novella pressione, e V' il novello volume che piglia l'aria. Poichè si avrà $\frac{V'}{V} = \frac{p}{p'}$, o sia $V' = \frac{Vp}{p'}$. Aggravando poi l'aria di un'altra pressione p'' , e riducendosi il suo volume a V'' , si avrà $\frac{V''}{V'} = \frac{p'}{p''}$, o sia $V'' = \frac{V'p'}{p''}$. E si può così ricavare V'' , indipendentemente della pressione iniziale, per mezzo della legge de' volumi nella ragione inversa delle pressioni.

Esperimento IX.

Aggravata da piombi una vescica flaccida, si ponga sotto la campana pneumatica, e poi da questa l'aria si estragga. Si osserva in tale caso che la poca aria che trovavasi racchiusa nella vescica, si espande così forte, che sospinge i piombi che la comprimeano.

Esperimento X.

Un vaso sottilissimo di vetro chiuso ermeticamente e posto sotto la campana pneumatica, estratta l'aria, crepa.

132. L'aria della vescica compressa dall'atmosfera occupa un piccol volume, ma come va mancando il peso dell'atmosfera si dilata con tal forza che alza de' piombi. L'aria del pari chiusa nel vaso di vetro, come si fa meno il peso aggravante dell'atmosfera, si dilata a segno che rompe il vetro. L'aria dunque non solo è capace di compressione e di addensamento, ma anche di dilatazione e rarefazione.

Esperimento XI.

Preso un tubo termometrico ben calibrato e chiuso ad una estremità ed aperto all'altra, che abbia dell'aria tra il mercurio e l'estremità chiusa; si ponga verticalmente con questa estremità in basso: allora quell'aria racchiusa sarà compressa dal mercurio del tubo, o sia da a , e dall'atmosfera che si chiama p , cioè a dire da $p+a$, e addensandosi piglierà un volume V .

Si rovesci indi il tubo, sì che l'estremità aperta sia tenuta in basso, ed immersa nel mercurio contenuto in un vaso; allora quell'aria sarà meno addensata, perchè compressa, non più da

$p+a$, ma da $p-a$, e 'l suo volume sarà V' .

Ora misurando i volumi dell'aria, così nel primo come nel secondo caso si è trovato che il volume dell'aria contenuta nel piccolo tubo è sempre reciprocamente proporzionale a' pesi di cui questa è caricata, o sia $\frac{V'}{V} = \frac{p+a}{p-a}$.

Finalmente se pongasi il tubo in una posizione orizzontale, allora l'aria dentro il tubo sarebbe compressa dalla sola atmosfera; perciocchè il mercurio sarebbe soltanto sostenuto dalle pareti del tubo. E però il volume dell'aria racchiusa sarebbe più grande di V , e minore di V' .

133. Chiamando adunque U questo terzo volume, si possono a questo riferire gli altri due. Quando la pressione tutta è $p+a$, allora $\frac{V}{U} = \frac{p}{p+a}$, e $V = U \frac{p}{p+a}$. E quando la pressione è $p-a$ sarà $\frac{V'}{U} = \frac{p}{p-a}$, o sia $V' = U \frac{p}{p-a}$. Questo metodo di eseguir l'esperienze sull'aria dilatata è di Dalton.

134. Sebbene l'addensamento dell'aria provenga da aumento, e la dilatazione da diminuzione di pressione; pure questi due casi si possono ridurre ad un solo. Poichè nel caso di addensamento si pigliano delle pressioni più forti dell'atmosfera, e nell'altro di rarefazione delle pressioni minori di quella dell'atmosfera. Di modo che si allunga in questa guisa la scala delle pressioni, e dalle più piccole si passa gradatamente alle più grandi. Ma in questa scala così allungata sempre egli è vero che, posta la medesima temperatura, i volumi dell'aria sono reciprochi alle pressioni. E sebbene s'ignori se ne' casi di estremo addensamento o di

estrema rarefazione abbia luogo esattamente la medesima legge; pure i fisici la suppongono costante, perchè sinora non è stata smentita dai fatti³⁷.

135. Ora questo sforzo continuo che fa l'aria a dilatarsi contro la forza che la comprime, si chiama *elasticità* o *molla* dell'aria. Però questa molla cresce crescendo i pesi comprimenti, e va minorando come van menomando le pressioni; ed in generale la forza elastica dell'aria è proporzionale nello stato di equilibrio alla forza premente. E come la densità dell'aria è del pari proporzionale a' pesi comprimenti; così la molla e la densità dell'aria sono tra loro proporzionali. Però tutto ciò che accresce o diminuisce la densità, accresce in corrispondenza o diminuisce la forza elastica dell'aria. E come il freddo o 'l caldo addensa o rarefà l'aria; così per freddo o per calore se ne aumenta o diminuisce la molla. Si deve solo eccettuare il caso in cui l'aria sia chiusa in un recipiente, perchè allora il calorico la dilata ed espande, e dilatandosi sforza le pareti del recipiente; ma questi effetti, che son simili a quelli che produce la forza elastica, non dipendono da questa forza, e nascono dall'espansione dell'aria cagionata dal calorico.

136. Poste le quali cose, egli è chiaro che la forza elastica

³⁷Finora questa legge è stata verificata sino quasi alle trenta atmosfere; e si ritiene per induzione che possa aver luogo anche sotto pressioni molto maggiori. — *Gli Editori*.

dell'aria atmosferica può esser alterata dalla pressione, dal calorico, e, come più innanzi si dirà, dall'umido. Ma d'ordinario si valuta in ragione della densità, considerando questa come una funzione di tre variabili, pressione, temperatura ed umidità. In secondo è da notare che la pressione dell'aria viene a risultare dalla gravità insieme e dalla sua forza elastica; perciocchè preme i corpi su i quali si appoggia, pel suo peso e per la sua tendenza a dilatarsi. E siccome la forza elastica dell'aria corrisponde al peso premente; così una massa ancorchè piccola di aria, obbligata a conservare quel volume cui l'ha ridotta il peso dell'aria soprastante, eserciterà una pressione eguale a questo peso. Per lo che l'aria che vicino alla superficie della terra è condensata dal peso dell'atmosfera, ove stassi racchiusa in una stanza, senza che comunichi coll'atmosfera, preme come farebbe l'atmosfera medesima.

Esperimento XII.

Rappresenta la *fig.* 62 una campana *AB*, dentro cui avvi l'apparecchio del suono. Ove si pone questa sul disco della macchina pneumatica, si vede che tirando all'insù il corsojo *MN*, si mette in giro il rocchetto *e*, e con esso la ruota dentata *aa*, la quale girando preme il rocchetto *o*, e con esso la molla *m*, cui è attaccato il picciolo martello che batte il campanello *C*, e 'l suono si sente. Ma se dalla campana *AB* si estrae l'aria, a misura che si va il vòto formando, il suono si fa debole; e diviene in fine così fioco, che l'occhio vede il giro della ruota, e l'orecchio non ode il suono.

137. Non vi ha dubbio che come dalla campana si va

estraendo l'aria, questa diviene men densa, e dal diminuir della sua densità la diminuzione ne viene della sua forza elastica. E però il suono, come cresce la molla dell'aria, meglio si propaga; e quella decrescendo, questo mal si diffonde. Dalla elasticità quindi dell'aria proviene la sua attitudine a propagare il suono.

Molte macchine, e tra queste non poche, che gran vantaggio recano al viver socievole, traggono la loro origine dall'attitudine dell'aria ad esser compressa, e dalla sua forza elastica. Ciascun conosce le trombe che son destinate a trar su de' liquidi e l'acqua in particolare, o pur de' gas; e queste trombe, che sono tanto utili alle arti ed alla vita, possono essere aspiranti o prementi, o pur composte dell'una e l'altra maniera di trombe.

La tromba aspirante risulta dal tubo, chiamato di aspirazione, *FP* (*fig. 76*), che immerso nell'acqua *BC* comunica per mezzo dell'animella *S'* colla capacità del tubo *IQ*, che dicesi corpo di tromba. *R* è uno stantuffo che porta ancora un'altr'animella *S*, e questo stantuffo abbassandosi prima per mezzo di *A*, e poi innalzandosi, fa che resti vòto d'aria lo spazio interposto al fondo di esso stantuffo, e alla prima animella *S*. Però l'aria, che era dentro il tubo *FP*, in virtù della sua elasticità apre l'animella *S'*, e si dilata nel corpo della tromba, o sia nel vòto fatto dallo stantuffo. Ma come l'aria nel dilatarsi perde una parte della sua forza elastica; così non può più equilibrare la pressione dell'aria esteriore, la quale come più gagliarda preme e sospinge la superficie *BC* dell'acqua, e stringela prima a salire nel tubo *FP*, e poi ad entrare, aperta l'animella *S'*, nel corpo della tromba. Questa colonna

d'acqua in tale stato si unisce all'aria dilatata sotto lo stantuffo, e l'una e l'altra giunte insieme si equilibrano con una colonna d'aria atmosferica che stassi di fuori. E come questa colonna pesa (num. 130) 32 piedi; così la distanza della superficie *BC* dell'acqua dal fondo dello stantuffo innalzato dev'esser meno di 32 piedi, affinchè la colonna dell'acqua interposta a quella superficie e a questo fondo si possa equilibrare colla colonna dell'aria esteriore. Se fosse 32 piedi o più, non potrebbe essere sospinta e sostenuta dall'aria esteriore che pesa precisamente 32 piedi d'acqua. Ora entrata l'acqua nel corpo della tromba, si abbassa lo stantuffo, il quale calcando l'acqua fa sì che questa apra l'animella *S* e si metta al disopra. Per lo che innalzandosi di nuovo lo stantuffo, si alza con esso l'acqua che gli soprasta; giacchè questa è la proprietà delle animelle che lasciano passare i fluidi, e poi ne impediscono il ritorno. In questa guisa abbassando e innalzando lo stantuffo si aumenta la massa dell'acqua che soprasta allo stantuffo, e giungendo sino al tubo laterale *E* scorre al di fuori.

Dall'altro lato della *fig.* 76 avvi la tromba aspirante e premente. Il tubo di aspirazione è fornito al solito, nel punto in cui comunica col corpo di tromba, di un'animella; ma lo stantuffo *R* n'è privo. L'acqua quindi sale pel tubo di aspirazione nel corpo della tromba, e lo stantuffo *R* abbassandosi preme prima l'aria, e poi l'acqua, che spinge pel tubo laterale *F*. E come questo tubo è guernito in *x* di animella; così l'acqua pressa dallo stantuffo l'apre e sale al disopra. In questo modo alzando ed abbassando

lo stantuffo, l'acqua va crescendo nel tubo laterale, e salendo comincia a scorrere.

138. Siamo ora in istato di meglio comprendere tutto l'artificio della macchina pneumatica, che da noi è stato accennato nel num. 122. Quando si alza lo stantuffo (*fig.* 60), l'aria racchiusa sotto la campana AB in virtù della sua molla si dilata, ed ove prima occupava la sola capacità della campana, è costretta dalla sua stessa molla ad espandersi tra le due capacità, l'una della campana e l'altra del corpo della tromba. Esce poi questa porzion d'aria racchiusa nel corpo della tromba coll'abbassarsi lo stantuffo, e questo di nuovo innalzandosi, di nuovo l'aria, ch'era sotto la campana, si divide in quelle due capacità, e così successivamente.

Ciò posto, chiamando A la capacità della campana, e B quella del corpo della tromba, non vi ha dubbio che l'aria occuperà lo spazio $A+B$, e la porzione ch'entra nel corpo della tromba sarà $\frac{B}{A+B}$. E però indicando per 1 la quantità totale dell'aria ch'era da principio sotto la campana, resterà questa dopo il primo colpo dello stantuffo $1 - \frac{B}{A+B} = \frac{A}{A+B}$. Ragionando nello stesso modo, egli è manifesto che l'aria dopo il secondo colpo dello stantuffo sarà $\frac{A}{A+B}$ di $\frac{A}{A+B}$. o sia $\left(\frac{A}{A+B}\right)^2$ della quantità primitiva. Si formerà così di mano in mano una serie geometrica $\frac{A}{A+B}$, $\left(\frac{A}{A+B}\right)^2$, $\left(\frac{A}{A+B}\right)^3$ $\left(\frac{A}{A+B}\right)^n$, con cui si esprime la quantità residua

dell'aria sotto la campana dopo i varj e successivi colpi di stantuffo. Si ricava quindi da una sì fatta serie che non può aver mai luogo il vòto perfetto; perciocchè l'ultimo termine può menomare per quanto si voglia, ma non mai ridursi nullo, se n non sia infinito.

139. Per misurare il grado di rarefazione e di molla dell'aria residua sotto la campana si suole adoperare il *provino*. È questo un tubo ricurvo $\propto$ (*fig.* 60), ch'è pieno in parte di mercurio, ed ha un'estremità chiusa ermeticamente, e l'altra, che comunica colla capacità della campana, aperta. Or quando l'aria della campana si è assai rarefatta, il mercurio si abbassa nel braccio chiuso del provino, e s'innalza nell'aperto; e la differenza di livello che ha il mercurio nelle due braccia indica la forza elastica dell'aria residua nella campana, o sia la pressione ch'esercita, sostenendo il mercurio in quella differenza di livello. Per lo che confrontando questa colonnetta di mercurio con quella che tiene in alto l'aria esteriore in un barometro, si argomenta quanto l'aria sotto la campana sia più rara dell'esteriore, e quanto la molla di questa sia più gagliarda di quella. Ciò non pertanto è da confessare che il provino non misura con esattezza la rarefazione dell'aria nella macchina pneumatica; poichè dal piattello, dalla campana, dal corpo della tromba si levan su de' vapori che si mescolano coll'aria rarefatta, e danno in questa a vedere una forza che veramente non ha. E però sono da porsi nel recipiente delle sostanze che si assorbiscono i vapori, o valutare col calcolo la forza di questi per sottrarla all'aria rarefatta, e mettere in opera, ove si ha, il provino

dello Smeathon, che si reputa esattissimo.

140. Nello stesso modo che si rarefà l'aria, si può addensare; purchè l'animella si costruisca in verso opposto, cioè dalla tromba verso il canaletto. Allora l'aria mandata dalla tromba, e racchiusa sotto un recipiente, si addensa e cresce di molla. Si è così formato lo *schioppo pneumatico*, che caccia la palla per mezzo dell'aria condensata nel calcio per dieci o più scariche consecutive; e della pressione dell'aria, resa più elastica colla condensazione, si è fatto uso per ispingere l'acqua ed altri liquidi a notabili altezze, e per costruire delle fontane intermittenti, o a getto perpetuo, o pur quella che chiamasi di compressione, che si osserva nella *fig. 73*. Il vaso è pieno di acqua a due terzi della sua capacità, e racchiude un tubo aperto ad ambe l'estremità, che scende dalla sua apertura, e va sino a piccola distanza dal fondo. Di modo che l'acqua del vaso per lanciarsi deve entrare per l'apertura che guarda il fondo, e poi salendo uscire dall'apertura della sommità, che si apre e chiude per mezzo della chiave *x*. Ora la forza che sospinge l'acqua, è l'aria addensata nel vaso, e racchiusa in quel terzo superiore della sua capacità. Però per mezzo di uno stantuffo di compressione, che ha l'animella che si apre dentro la tromba, si spinge quanto più si può aria nel vaso, e questa addensata acquista una gran molla, che premendo l'acqua la stringe a salire lungo il tubo, e a lanciarsi, aperta la chiave *x*, con impeto in forma di zampillo a notabile altezza. Ma come uscendo l'acqua, l'aria si va dilatando, viene a mancare la forza della sua molla, e l'acqua meno alta a poco a poco si lancia.

141. Ma senza progredire più oltre descrivendo tutte le applicazioni che si sono fatte della compressione e della forza elastica dell'aria, solamente ci facciamo a notare in che modo l'aria atmosferica dotata di peso e di molla si possa tenere in equilibrio nello stato di riposo. A ciò fare è da supporre che l'atmosfera abbia la medesima temperatura in tutta la sua altezza; perciocchè variando le temperature, variano le densità, nè si può ottenere equilibrio e quiete. Posta quindi uniforme la temperatura, egli è certo che i volumi giusta la legge del Mariotte (num. 131) sono reciprochi alle pressioni. Per lo che il problema si riduce a stabilire l'equilibrio nell'atmosfera, posti volumi reciprochi alle pressioni, e supposta uniforme la temperatura in tutta la sua altezza.

142. Ora in tali circostanze egli è certo che per mantenersi l'equilibrio le densità dell'aria debbono decrescere in una serie geometrica. Sia di fatto la colonna $XayX'$ (fig. 69) divisa in istrati d'egual altezza ak , bl , cm , dn , ec., che sono così sottili, che ciascuno ha in tutta la sua superficie una densità uniforme. Si designi la densità del primo strato ak per B , del secondo bl per R , del terzo cm per S , ec. Sia oltre a ciò espresso per a il peso della colonna tutta $XayX'$, per b il peso della medesima colonna mancante del primo strato ak , per c il peso della medesima colonna mancante di due strati ak , bl , ec. Allora il peso del primo strato ak sarà $a-b$, e quello del secondo strato bl sarà $b-c$, l'altro del terzo $c-d$, ec. E come, posti volumi eguali, le densità sono come i pesi comprimenti, così $B:R :: a-b:b-c :: b:c$, perchè le densità dell'aria, giusta la legge di Mariotte, sono anche nella ragione de'

pesi comprimenti. Posta adunque $a-b:b-c :: b:c$, ne segue $a-b:b :: b-c:c$, od in altro modo $a-b+b:b :: b-c+c:c$, o sia $a:b :: b:c$ ³⁸.

Nella stessa guisa si dimostra che $b-c:c :: c-d:d$, e però $b:c :: c:d$, e parimente $c:d :: d:e$, e così successivamente si avrà una progressione geometrica $a. b. c. d. e.$ ec., ossia la densità degli strati successivi dell'aria decrescono in una progressione geometrica. Per lo che se le distanze dalla superficie terrestre si prendono in progressione aritmetica, le densità van decrescendo in una progressione geometrica.

Questo è lo stato, dirò così, normale dell'equilibrio dell'atmosfera; ma un sì fatto stato rade volte si trova tale con esattezza e precisione. Poichè vi hanno molte cagioni che lo perturbano, delle quali andremo in appresso indagando gli effetti e l'influenza; e solamente si può affermare che tutti i movimenti i quali han luogo nell'atmosfera, non sono che tanti sforzi continui della natura per ricondurre l'equilibrio turbato dalle azioni di altre cause.

³⁸Cioè $B:R :: a-b:b-c$, perchè essendo i volumi degli strati eguali, i pesi dei medesimi sono rappresentati dalle loro rispettive densità; ma inoltre $B:R :: b:c$, per la ragione che le densità stanno nella ragione dei pesi comprimenti: così sarà $a-b:b-c :: b:c$, come nel testo. — *Gli Editori.*

CAPO II. — DELLE PROPRIETÀ CHIMICHE DELL'ARIA ATMOSFERICA, E DELLA SUA ANALISI.

Esperimento I.

Una candela accesa posta sotto la campana pneumatica, in cui vien fatto il vôtò, si spegne, come del pari manca la combustione di qualunque corpo.

Esperimento II.

Un uccello, che venga collocato sotto la campana pneumatica, da cui si estrae l'aria, muore; e in generale tutti gli animali che sono forniti di doppio ventricolo, e diconsi a sangue caldo, come cani, uccelli, ec., fatto il vôtò, in picciol tempo periscono; ma resistono più, e più tardi vengono a mancare tra gli animali, quei che hanno un solo ventricolo, e diconsi a sangue freddo, come sono pesci, rane, rettili ed altri.

Esperimento III.

Si è osservato che l'erbe e le piante nel vôtò non vegetano, e indozzano e periscono.

143. Si ricava da tali esperimenti che l'aria atmosferica è necessaria alla vita degli animali, alla vegetazione delle piante ed alla combustione dei corpi. La morte degli animali a sangue caldo nel vôtò suol essere accompagnata da gonfiagione, tremore, sbattimento, vomito, emorragia, e di altri simili sintomi, non solo perchè va mancando l'azione dell'aria sulla vita, ma perchè l'aria interna del corpo dell'animale non essendo più compressa

e in equilibrio coll'esterna, si espande, e dilatandosi rompe i vasi, ed altera le funzioni vitali. Gli animali poi detti a sangue freddo resistono di più, perchè han bisogno minor quantità d'aria per respirare; anzi gl'insetti che respirano per via di trachee o di pori, compariscono morti nel vòto, ma ripigliano il più delle volte la vita tornando all'aria.

Esperimento IV.

Chiuso sotto una campana di vetro un pezzetto di sughero, che porti un moccolo acceso e galleggi sopra l'acqua, come si vede nella *fig.* 58, si osserva che la candela, scorso un piccolo tempo, si smorza, e l'acqua, spenta la candela, s'innalza sul livello che prima avea.

E parimente bruciando fosforo o altro combustibile sotto una campana, si osserva che l'aria ivi racchiusa va colla combustione mancando.

144. L'aria dunque ha un'azione sopra i corpi che bruciano, ed essa ne favorisce la combustione; ma la candela si spegne, e 'l fosforo cessa di bruciare, perchè si distrugge una parte dell'aria racchiusa sotto la campana. Di fatto l'acqua alquanto s'innalza, perchè l'aria viene in parte a mancare. E però è da conchiudere che l'aria atmosferica, la quale è tanto necessaria alla respirazione, alla vegetazione, alla combustione, non sia omogenea, ma risulti in parte di aria necessaria alla vita ed alla combustione, e in parte di un'altra sostanza disadatta ad operar sì fatti fenomeni. Convien quindi esaminar più attentamente la natura dell'aria atmosferica.

145. Lavoisier, che dirizzò il primo l'analisi dell'aria, fece per dodici giorni continui calcinare il mercurio sotto una campana che racchiudeva 50 poll. d'aria comune alla pressione e temperatura media. I risultamenti di questa esperienza furono: 1.° Che l'aria si trovò diminuita: 2.° Che l'aria residua era del tutto inetta alla respirazione ed alla combustione: 3.° Che sul mercurio collocato sotto la campana si trovarono molti grani di una materia rossa, dalla quale si svolse una sostanza aeriforme propria alla respirazione ed alla combustione, piu che non è l'aria comune.

146. All'analisi l'illustre Chimico aggiunse la sintesi, perchè unendo all'aria residua sotto la campana, l'altra che egli trasse da quella materia rossa, riprodusse un'aria eguale del tutto all'atmosfera.

147. Da questi esperimenti, e da altri che sono stati dopo il Lavoisier istituiti dai chimici, si è ricavato che l'aria atmosferica non sia un elemento, come una volta credevasi, ma una mescolanza di due fluidi eterogenei, uno de' quali è acconcio alla combustione ed alla respirazione, e l'altro no. Di fatto mancando sotto la campana quella porzione d'aria che venne formando la materia rossa, ne restò un'altra disadatta alla vita ed alla fiamma; e tratta poi dalla materia rossa l'aria ch'era mancata, si trovò questa opportuna alla respirazione ed alla combustione. Ma senz'altro ragionamento bastò la sintesi a dimostrare che con quei due fluidi, ossia con quelle due porzioni d'aria si riproduce l'aria atmosferica.

148. Ora quel fluido, parte dell'aria comune che è il solo

adatto alla respirazione ed alla combustione, è stato chiamato *aria del fuoco*, *aria empireale*, *aria pura*, *aria vitale*, *aria deflogisticata*, ed oggi si distingue col nome di *gas ossigeno*. L'altro fluido poi, parte ancor esso dell'aria atmosferica, ch'è disadatto alla combustione ed alla vita degli animali, è stato detto *aria flogisticata*, *mosfeta atmosferica*, *aria corrotta*, ed oggi chiamasi comunemente *gas azoto* o *nitrogeno*.

149. Avendosi voluto esaminare ulteriormente l'aria atmosferica, si riempì d'aria, cavata in distanza de' luoghi abitati, un pallone di vetro in cui si era fatto il vòto, e contenea solo una soluzione acquosa di barite, ossia *protossido di bario*. Ed essendosi ciò replicato per venti o per trenta volte, si è trovato che quel protossido si convertiva in parte in sottocarbonato di barite insolubile. Di che hanno i fisici ritratto che oltre ai due gas, ossigeno ed azoto, esiste nell'aria comune il gas acido carbonico. Poichè non si sarebbe potuto formare quel sottocarbonato, se l'aria non avesse somministrato il gas acido carbonico, e unito questo non si fosse alla barite di quel protossido.

150. Gas ossigeno dunque, gas azoto e acido carbonico formano l'aria atmosferica; e i più esatti esperimenti han già dimostrato le proporzioni di questi gas. Giacchè pigliando più fisici diverse vie per esaminare sì fatte proporzioni, sono oggi tutti d'accordo che in 100 parti d'aria atmosferica, sia che questa fosse stata presa ne' piani o su i monti, o pure in luoghi più o meno distanti dalla terra, o all'altezza notabile di 7000 metri nell'atmo-

sfera, sempre 21 sono di gas ossigeno e 79 di gas azoto. Resterebbe a computarsi la quantità del gas acido carbonico, la quale sebbene, giusta l'esperienze di Teodoro de Saussure, sia più nella state e meno nell'inverno; pure la sua quantità è piccolissima, e appena si riduce a un millesimo, e forse meno, perchè si computa per un atomo.

151. Berthollet fu di opinione che nella mescolanza di questi gas abbia luogo solamente una reciproca azione, per cui si diffondono gli uni a traverso degli altri contro le leggi della gravità specifica, e si forma una specie di dissoluzione, che non altera, ma leggermente indebolisce le loro rispettive proprietà. Questa mescolanza poi, che chiamasi *aria atmosferica*, può ridursi allo stato liquido, siccome ha fatto il Perkins coll'ajuto di una pressione equivalente a mille atmosfere. Anzi ha egli osservato che lo stato liquido, ancorchè fosse già mancata quella pressione, subito non manca, perchè resta dopo alcuni istanti.

152. Ma a dichiarare quanto meglio si può gli effetti che provengono dall'aria, stimo ottimamente fatto di esaminar partitamente le proprietà di ciascun di quei gas da cui già sappiamo l'aria comune esser composta. Il modo più acconcio con che raccogliere si può ciascuno di sì fatti gas per indagarne le sue proprietà, è l'apparecchio che chiamasi *pneumatico-chimico*, che si distingue ad acqua o pure a mercurio. La tinozza, foderata di latta o di piombo nell'interno e piena d'acqua (*fig. 57*), porta l'aggiuntivo d'*idro-pneumatica*. Ad uno o due pollici dal suo orlo si applica una tavoletta divisa, come si vede, in due, che riunite lasciano nel

mezzo un buco, sopra cui posar si può il fiasco o campana (*fig.* 56) piena d'acqua. Ora quando si vuole raccogliere un gas, si adatta un tubo ricurvo, come si osserva nella *fig.* 53, al vaso da cui si trae il gas, e 'l tubo ricurvo passando a traverso l'acqua della tinozza riesce per via del buco della tavoletta (*fig.* 57) dentro la capacità della campana piena d'acqua, dove entrando, come quello ch'è più leggiero, si mette in alto, e l'acqua a poco a poco esce e si versa nella tinozza (*fig.* 53).

Ma siccome alcuni gas sono solubili nell'acqua, e con questa si combinano; così a raccogliarli in luogo dell'apparato idropneumatico si adopera quello a mercurio, di cui si empie un piccolo fiasco e una piccola tinozza.

I gas poi raccolti nelle caraffe (*fig.* 56), aperta la chiave, si possono versare nelle vesciche guernite parimente di una chiavetta, e per mezzo delle vesciche trasportarsi altrove ed a piacere.

153. Per misurare in fine la molla o la forza elastica di un gas o pur de' vapori si adopera il *manometro*, che si osserva nella *fig.* 74. Questo strumento è, siccome si vede, un barometro il cui orifizio aperto comunica in una palla di vetro, nella quale si può introdurre un gas, un liquido, o pure si può anche fare il vòto. E come i fluidi premono il mercurio, e lo fan salire nel tubo; così dalla quantità del mercurio che innalzano ad una data temperatura si ha la misura della loro molla o forza elastica.

DEL GAS OSSIGENO

Esperimento V.

Mettete dentro un matraccio un poco di mercurio calcinato, che chiamasi *deutossido di mercurio*, e situate questo matraccio sopra i carboni ardenti di un fornello (*fig.* 53): osserverete svilupparsi un gas che passando pel tubo ricurvo si raccoglie sotto la campana nell'apparecchio ad acqua; e questo gas, ch'è dotato di tutte le qualità comuni alle sostanze aeriformi, non è altro che il gas ossigeno. Lo stesso avviene se in luogo del deutossido di mercurio si adopera il perossido di manganese³⁹.

154. Il deutossido di mercurio non è che una combinazione di ossigeno e mercurio: e come scaldato il matraccio, l'ossigeno coll'ajuto del calorico passa dallo stato di combinazione a separarsi in aeriforme; così ne risulta il gas ossigeno.

Esperimento VI.

Una candela che brucia sotto una campana piena di gas ossigeno, ha una fiamma più grande, più ardente, più lucida, e si

³⁹Per estrarre l'ossigeno dal *perossido di manganese* è necessaria una temperatura molto elevata; ma se ne facilita lo sviluppo anche ad una temperatura meno grande umettandolo con acido solforico diluito. L'ossigeno per ottenerlo puro, il che è essenziale quando debba servire per usi terapeutici, si estrae dal *clorato di potassa*. — *Gli Editori*.

consuma più rapidamente che non si fa nell'aria atmosferica.

Introdotta nel gas ossigeno un legno il quale è appena acceso in qualche punto, s'infiama all'istante e brucia con gran gagliardia.

Se in fine, come nella *fig.* 54, introducesi in un fiasco pieno di gas ossigeno un fil di ferro avvolto a spira, che porti alla sua estremità un pezzettino di esca accesa, si osserva che il ferro si accende, scintilla, manda una fiamma bianca, lucidissima, purissima, e si consuma riducendosi in calce o ossido di ferro.

155. Egli è chiaro da questi esperimenti che il gas ossigeno è necessario al fenomeno della combustione, e che è fornito, più che altro, della facoltà di attivare quell'operazione. Di fatto con una corrente di questo gas accrescono i chimici l'attività del fuoco, e vincono ancora le sostanze le più refrattarie, come il platino, ec.

156. Ma con questo esperimento si può più di ogni altro dimostrare in che modo i chimici pneumatici han dichiarato i fenomeni della combustione e della fiamma. È da sapere che Sthal suppose che il *fuoco fisso*, ossia una certa sostanza da lui chiamata *flogisto*, era combinato con tutti i corpi combustibili, e la combustione a suo credere altro non era che la separazione del flogisto da' combustibili. Questo suo pensiero fu accolto da tutti con plauso, e in fine modificato in parte dal Crawford, che suppose flogisto ne' corpi combustibili, e calore assoluto nell'aria, ed immaginò essere tra loro opposti e contrarj calore e flogisto. Ebbe quindi la combustione per un baratto che il combustibile e l'aria

fanno tra loro del flogisto e del calore assoluto. Lavoisier intanto sopraggiunse e mise innanzi dei principj del tutto inversi a quelli dello Sthal. Perciocchè come questi per operar la combustione separava il flogisto ch'era combinato ne' combustibili; così quegli all'inverso fece combinare l'ossigeno coi corpi combustibili per aver luogo la combustione; di modo che la combustione deriva per Sthal da una separazione e per Lavoisier da una combinazione. Di fatto dall'esperimento VI si raccoglie che il peso del ferro calcinato si è accresciuto di tanto di quanto è il peso dell'ossigeno impiegato nella combustione. Questo aumento del peso, che ritrovasi ne' corpi bruciati, fu, egli è vero, un grande argomento a pro della teorica del Lavoisier; ma non bastava solo a stabilirla⁴⁰. Perciocchè le combustioni sono accompagnate da ca-

⁴⁰Il corpo che abbrucia aumenta tanto di peso quanto è l'ossigeno consumato nella combustione; e si trova che 100 once di fosforo assorbono abbruciando 154 once di ossigeno, somministrando per tal modo 254 di acido fosforico; 100 once di zolfo prendono 150 once di ossigeno e diventano 250 once di acido zolforico; 100 once di carbonio vengono a saturarsi di 257 once di ossigeno e formano 357 once di acido carbonico.

È bensì vero che alcuni corpi nella combustione, invece di aumentare di peso, diminuiscono; ma ciò dipende dall'essere essi composti di sostanze volatilizzabili, per cui le loro

lore, da apparenze lucide e dalla fiamma; ed erano anche da spiegarsi sì fatti fenomeni con quella combinazione dell'ossigeno, come di fatto si vennero di leggieri a spiegare. Poichè il gas ossigeno è una soluzione di ossigeno nel calorico, e la qualità caratteristica de' combustibili è l'affinità coll'ossigeno. Per lo che prevalendo l'affinità del combustibile per l'ossigeno, coll'aumento di temperatura, a quella che passa tra l'ossigeno e 'l calorico, il gas ossigeno si scompone, ed unendosi l'ossigeno al combustibile ne aumenta il peso, e 'l calorico, ch'era latente nel gas ossigeno, si sviluppa e si rende sensibile. E come il gas ossigeno per mezzo di una forte ed istantanea pressione si riscalda e diventa luminoso, più che gli altri gas non fanno; così combinandosi l'ossigeno col combustibile diviene sensibile non che il calore, ma

particelle si dissipano in vapore e in gas. Tuttavolta se questi corpi si abbruciano in vasi chiusi e si raccolgono tutti i prodotti della combustione, si trova ch'essi sono aumentati di peso: e se la cenere della legna abbruciata non eguaglia il peso che questa aveva prima della combustione, si è perchè parte del combustibile forma la fuliggine, e parte si dissipa in gas e in vapore sotto forma di fumo, cioè in gas flogogeno carburato, ec. Dai principj volatilizzabili che alcuni corpi contengono dipende la fiamma che generano nell'abbruciare, mentre questa non ha luogo nella combustione dei metalli. — *Gli Editori.*

libera la luce che ritenea nello stato aeriforme, ed han luogo così le apparenze lucide e la fiamma⁴¹.

⁴¹Affinchè abbia luogo la combustione sono necessarie tre condizioni: 1.° la presenza del corpo combustibile; 2.° il corpo comburente, o la sostanza capace di alimentare una tale operazione; 3.° la temperatura richiesta dal combustibile per combinarsi col comburente. Il grado di temperatura necessario alla combustione varia secondo i differenti corpi: i metalli ed il fosforo s'impadroniscono dell'ossigeno ad una temperatura molto bassa. Impedendo il contatto dell'aria e quindi dell'ossigeno col corpo combustibile, questo non può abbruciare, e cessa la combustione se è già incominciata. Ne risulta quindi la necessità di togliere l'affluenza dell'aria quando si voglia estinguere un incendio. Da ciò nasce anche la proprietà che hanno alcune sostanze di rendere incombustibili i tessuti e i legni che ne sono impregnati o spalmati. Generalmente parlando, queste sostanze devono essere tali da formare sui corpi uno strato impermeabile all'aria e da emettere dei fluidi atti ad assorbire il calorico ed impedire per tal modo l'aumento di temperatura, onde non sia portata a quel grado necessario perchè abbia luogo la combustione. Il clorato, il fosfato, il borato e lo zolfato d'ammoniaca, il clorato di soda, il sopraxolfato d'allumina e potassa o allume del commercio, il borace ed alcuni miscugli composti di questi sali sono le sostanze più atte per rendere

157. Ma a sì fatta teorica sonosi opposte in seguito varie difficoltà. E primieramente, lasciando stare che tra i corpi comburenti, che chiamansi dagl'Inglese *sostegni della combustione*, si annoverano, oltre l'ossigeno, il cloro, l'iodio e 'l fluoro, che al par dell'ossigeno nutriscono la combustione e si uniscono a' combustibili; egli è certo che si hanno i principali fenomeni della combustione, di calorico cioè e di luce, quando lo zolfo si combina co' metalli, e specialmente col rame e collo stagno. Anzi si è osservato che anche per la sola unione di due metalli si ha svolgimento di calore e di luce, e segnatamente quando si fonde il platino collo stagno (V. il Berzelius, *Saggio sulla teorica delle proporzioni chimiche*, ec.). Non si sa poi capire come dall'accensione della polvere anche nel vòto si svolga luce e calorico. Poichè passando le sostanze della polvere dallo stato solido a quello aeriforme, voglion trarre seco luce e calorico, non mai somministrarne al di fuori a' corpi circostanti. Per altro in molte combustioni il calorico si sviluppa dal combustibile, come avviene nella combustione del gas idrogeno. Tutte queste difficoltà hanno sospinto i pneumatici a modificare in parte la teorica del Lavoisier, dicendo che il calorico si svolge ordinariamente dal gas ossigeno e dal combustibile. E lo stesso ancora hanno affermato della luce; perciocchè hanno osservato che la luce nella combustione non ha

i legni e i tessuti incombustibili senza alterare la loro natura.
— *Gli Editori.*

una relazione esatta colla quantità del gas ossigeno che si distrugge, ma è più o meno secondo la diversa indole de' corpi che bruciano. Quindi son venuti nell'opinione che la luce ancora si svolge non che dal gas ossigeno, ma dai combustibili; molto più che varia il suo colore, come variano le sostanze che bruciano⁴².

158. Queste ed altre difficoltà hanno indotto il Davy e 'l Berzelius a proporre un altro modo di spiegare la combustione e la fiamma coll'ajuto della dottrina elettrochimica. Non vi ha dubbio che per eccitare e mantenere la combustione sia necessario, come l'ha dimostrato Humboldt e Gay-Lussac, un aumento di temperatura nel combustibile. È dimostrato oltre a ciò che l'accrescimento del calore sollecita l'energia dell'elettricità a svilupparsi con più facilità. Per lo che le due elettricità, accresciuta la

⁴²Luigi Brugnatelli fu il primo che colla sua *dottrina termossigena* cercò di conciliare questi fatti colla teorica pneumatica della combustione secondo i principj ammessi da Lavoisier. Le idee di quest'ultimo intorno al fenomeno della combustione pare che fossero già note per le sperienze dell'inglese Mayow e dell'italiano Barbieri; sul qual argomento può consultarsi l'opuscolo del professore Salvigni: *Ragionamenti chimici*, Bologna, 1816. Era però così radicata nelle scuole la *dottrina flogistica* di Stahl, che i pensamenti di Barbieri e di Mayow rimasero inosservati e non entrarono allora a far parte dei dogmi della fisica e della chimica. — *Gli Editori*.

temperatura, si vengono a svolgere; la negativa dalla parte dell'ossigeno, e la positiva dalla parte del combustibile. E come dalla riunione di queste due elettricità deve nascere, in virtù del num. 19, calore; così ha luogo il calore della combustione. Ma da questo nuovo calore nuova forza ed energia piglieranno le due elettricità, e dall'unione di queste si verrà a manifestare l'infuocamento e la fiamma. Basta adunque nell'esperimento VI che l'esca accesa accresca la temperatura del ferro e del gas ossigeno con cui è in contatto, perchè il gas ossigeno prenda lo stato negativo, e 'l ferro il positivo. Si unisce quindi l'ossigeno al ferro che si brucia, e si neutralizzano così le due elettricità. Di che viene più calore, e si manifesta la luce viva e bianchissima. In questo modo gli elettro-chimici pare che abbiano voluto conciliare i pensamenti di Sthal e di Lavoisier, annunciando che l'ossigeno si unisce al corpo combustibile, e che l'elettricità tien luogo e rappresenta il flogisto.

159. Si comprende da tutto ciò perchè i chimici chiamano *corpi bruciati* tutti que' corpi semplici in cui l'ossigeno trovasi fissato, e come a sì fatti corpi danno il nome di *decombusti* o *ridotti*, quando han perduto l'ossigeno. I composti poi, che risultano dall'ossigeno con i corpi semplici, diconsi, giusta le loro proprietà, *ossidi* o pure *acidi*. Che se l'ossigeno si combina in due o tre porzioni, il primo ossido si chiama *protossido*, il secondo *deutossido*, e 'l terzo *tritossido* o *perossido*, come ha luogo tra l'ossigeno e 'l manganese. E parimente se l'ossigeno si combina in più porzioni per formare gli acidi, questi si distinguono con la

varia desinenza in *ico* ed *oso*, dicendo acido solforico quando lo zolfo è più ossigenato, e solforoso quando è meno, ec.

160. Il gas ossigeno non solo è necessario alla combustione, ma ancora alla respirazione ed alla vita. Di fatto di due animali racchiusi sotto due campane d'eguale capacità, ma l'una piena d'aria comune e l'altra di gas ossigeno, si osserva che il primo vive per un tempo cinque volte di meno del secondo, e muojono ambedue mancando il gas ossigeno. Ed in generale gli animali, chi più chi meno, han bisogno del gas ossigeno per respirare, come in generale i combustibili ne han bisogno per bruciare. Per lo che è comune opinione che l'ossigeno dell'aria combinandosi col sangue per mezzo della respirazione mantenga la vita degli uomini e degli animali. E però respirare è lo stesso che bruciare, e per la respirazione si producono, come per la combustione, delle combinazioni di ossigeno, com'è quella certamente dell'ossigeno col carbonio del sangue, e forse l'altra dell'ossigeno coll'idrogeno sul polmone, che forma l'acqua o vapore acquoso⁴³.

⁴³Secondo le sperienze di Allen e Pepys, pare che nella respirazione non si formi dell'acqua per la combinazione dell'ossigeno col flogogeno o idrogeno. Infatti dalle medesime risulta che la quantità di ossigeno, che fa parte del gas acido carbonico espirato, eguaglia l'ossigeno consumato in tale funzione animale. L'aria inspirata una sola volta riesce carica di 8 ad 8,5 per 100 di gas acido carbonico; ed entrata nel

161. Per sì fatte combinazioni dell'ossigeno si svolge nella respirazione quella copia di calorico che lo tenea in istato di gas; e questo calorico credesi che combinandosi col sangue serva a spargere nella circolazione il calore animale per tutta la macchina, ch'è costante e superiore a quello dell'atmosfera, giacchè in un uomo sano trovasi sempre tra i 95° e 102° di Fahrenheit. E sebbene il calorico che proviene dalla respirazione si svolga di

polmone sino allo svenimento dell'individuo che respira, n' esce carica del 10 per 100 del medesimo gas. Un uomo di media età e corporatura, il di cui polso faccia 60 pulsazioni per ogni minuto, produce 4959 centimetri cubici di gas acido carbonico in 11 minuti; perlochè, supposta questa produzione sempre eguale ed uniforme, egli emetterà in 24 ore o in una giornata 649178 centimetri cubici del medesimo gas, che equivalgono in peso a grani metrici 12815; 3588 dei quali sono puro carbonio. Dunque si può definire *la respirazione quella funzione animale in cui l'uomo è necessitato a privarsi di 3588 grani metrici o chilog. 0,3588 di carbonio nello spazio di 24 ore*. La respirazione è dunque una lenta combustione; e se il carbonio che viene consumato in questa funzione animale non fosse rimesso dagli alimenti che l'uomo prende, egli perirebbe come una lampada si estingue mancandole l'olio (Vedi gli *Elementi di Fisica* del prof. G. A. Majocchi. Milano, 1826, pag. 174. — *Gli Editori*).

continuo; pure non cresce mai oltre i suoi limiti, anzi nello stato febbrile non giunge al più che a 109° F. E ciò addviene per la traspirazione polmonare e cutanea, che va quel calore continuamente scemando. Ma per quanto una sì fatta spiegazione de' pneumatici sia elegante; pure non è senza qualche difficoltà, avendo già dimostrato il Brodie che lo svolgimento del calore animale dipende dall'azione del cervello. Di fatto tolto il cervello ad un animale, per quanto la respirazione artificiale mantenga la circolazione, l'animale si raffredda, non avendosi sviluppo di calore; e lo stesso accade allorchè cessa l'influenza del cervello reso stupido dall'azione di qualche veleno. Ma sebbene si conosca una relazione tra l'influenza del cervello e la cagione del calore animale, pure non si sa quale sia e in che consista. Indi si afferma che il cervello e i processi chimici della respirazione concorrano allo svolgersi del calore animale; ma non si conosce in che modo vi conferiscano.

Esperimento VII.

Esposta a' raggi del sole una caraffa piena d'acqua in cui tuffate sono alcune foglie verdi di piante, si osserva che dopo qualche minuto da sì fatte foglie si vanno successivamente spiccando delle bollicine d'aria, che raccolte alla sommità della caraffa e cimentate non sono che gas ossigeno⁴⁴.

⁴⁴Il quale però è impuro, contenendo per lo più del carbonio. —
Gli Editori.

162. Si è quindi ricavato che le piante coll'ajuto della luce tramandano dalle foglie del gas ossigeno. Ma le foglie degli alberi lo tramandano solamente dalla superficie inferiore, e quelle delle piante da ambedue le superficie, anzi in maggior copia ne forniscono le polpose, come sono quelle de' sedi e della sempreviva maggiore ed arborea, dell'agave americana, ec. Ed in generale si ricercano delle foglie fresche, verdi e sane per trarre in copia di sì fatto gas. Ma l'epidermide de' vegetabili, la loro scorza e radice, i petali de' fiori bianchi, le frutta mature, ec., non somministrano gas ossigeno.

Credesi da alcuni che da quegl'insetti che ospitano negli stagni si svolga coll'azione del sole del gas ossigeno.

163. Fu in fine questo gas scoperto dal Priestley il dì 1 agosto 1774: è senza odore, sapore e colore, e suol essere allo stato aeriforme al grado di calore, e sotto la pressione in cui viviamo, e la sua gravità, presa quella dell'aria atmosferica per unità, è computata 1,1026⁴⁵.

⁴⁵Alla temperatura zero ottantigrado ed alla pressione media di 76 centimetri, le gravità specifiche dei fluidi aeriformi, che si trovano ordinariamente nell'atmosfera, sono:

Aria	1,00000	Gas acido carbonico
1,51961		
Gas ossigeno	1,10359	Gas flogogeno
0,07321		
Gas azoto	0,96913	Vapore acqueo

DEL GAS AZOTO

164. Si può ottenere questo gas per mezzo di quelle sostanze, come sono l'idrogeno, il fosforo ed altre, che unendosi coll'ossigeno dell'aria comune lascian solo il gas azoto. Si trae parimente dalle sostanze animali muscolose, dalle parti fibrose del sangue sciolto nell'acido nitrico o nitroso; giacchè l'azoto è un elemento delle carni, e serve ad animalizzarle.

165. L'azoto si trova costantemente allo stato aeriforme; è senza odore, sapore e colore, ed inetto alla combustione ed alla respirazione. Ciò non pertanto esso forma presso a $\frac{4}{5}$ dell'aria che noi respiriamo, e diventa in questo modo utile alla vita. Poichè serve a moderare la forza combustiva dell'ossigeno, la cui energia quando fosse abbondante sarebbe perniciosa ai polmoni che potrebbe giungere ad infiammare. In questo modo l'azione micidiale dell'azoto è spenta dal contatto coll'ossigeno, e la forza dell'ossigeno è moderata dalla sua mescolanza coll'azoto. Oltre di che le sue funzioni in natura sono di molta importanza, perchè, servendo ad animalizzare le carni, i muscoli, ec., gli animali non potrebbero vivere e nutrirsi senza l'azoto.

166. Questo gas si combina in più proporzioni coll'ossigeno, forma coll'idrogeno l'*ammoniaca*, e col carbonio il *cianogeno* ossia

0,62349

Gli Editori.

generatore dell'azzurro, e si unisce al cloro, all'iodio ed al fosforo. La sua gravità specifica riguardo all'aria comune posta come 1, è 0,96913⁴⁶.

DEL GAS ACIDO CARBONICO

Dalla fermentazione de' liquori spiritosi, come il vino e la birra, dalla putrefazione delle sostanze vegetabili ed animali, dalla combustione de' corpi e dalla respirazione si svolge un gas chiamato dagli antichi *spirito silvestre*, e da' moderni *aria fissa*, o pure *mefitica*, ed oggi *gas acido carbonico*, perchè è composto di 72 parti di ossigeno e 28 di carbonio condotto dal calorico allo stato

⁴⁶Una delle proprietà caratteristiche del gas azoto è quella di formare l'acido nitrico, combinato chimicamente coll'ossigeno; per cui nella *nomenclatura chimica* gli si diede anche il nome di *nitrogeno*. L'aria atmosferica quindi ha gli stessi componenti dell'acido nitrico o acqua forte del commercio; ma nell'aria questi due elementi sono uniti per semplice mescolanza meccanica, per cui il nitrogeno si può ottenere facilmente dalla medesima. Il cianogeno poi è un *carburo d'azoto*, o *azoto carburato*, che forma il radicale del così detto *acido prussico* (*acido flogocianico* o *idrocianico*), ed ebbe una tale denominazione per la proprietà che possiede di colorare l'*azzurro di Berlino* (*deutocianuro idrato di ferro*). Il cianogeno ha una grande azione sull'economia animale, ed abbrucia dando nascimento ad una fiamma violacea porporina. — *Gli Editori*.

di gas.

Esperimento VIII.

Versando un poco di acido solforico indebolito con acqua sulla polvere di marmo o sopra la nostra terra di Baida, si osserva all'istante una specie di fermentazione, e si sviluppa un fluido aeriforme, ch'è il gas acido carbonico.

167. Ciò avviene perchè l'acido solforico si unisce e combina colla calce del marmo bianco, che è un carbonato di calce, rimanendo libero l'altro componente del marmo stesso o l'acido carbonico, che piglia lo stato di gas per essere di sua natura aeriforme. Questo gas si trova in gran copia nelle caverne sotterranee, nelle gallerie delle miniere, nella grotta del Cane vicino a Napoli, ne' sepolcri, nelle tinozze che tengono uva in fermentazione⁴⁷.

Esperimento IX.

Una candela accesa nel gas acido carbonico all'istante si estingue, e gli animali che respirano sì fatto gas periscono o divengono asfittici.

168. Inetto quindi alla combustione e nocivo alla vita è il gas

⁴⁷Il diamante non è altro che semplice carbonio, e sottoposto all'azione d'un intenso calore per mezzo delle lenti ustorie, abbrucia producendo del gas acido carbonico puro. — *Gli Editori*.

acido carbonico, e per questa ragione gli animali introdotti nella grotta chiamata del Cane vicino al lago di Agnano presso Napoli, cadono subito semivivi, e poi tirati fuori col respirare dell'aria atmosferica ripigliano le funzioni vitali. Per la stessa ragione quei che fiutano il mosto che fermenta, vengono a cadere in asfissia, come avvenne a Pilatre de Rozier, che fu vicino a perire apoplectico respirando l'aria di una tinozza di mosto. Nè mancano tra noi degli esempi di becchini morti all'aprire de' sepolcri, o pur di quei che son periti accendendo de' carboni in luoghi chiusi; perciocchè dalla putrefazione delle sostanze animali, e da' carboni che si accendono, si svolge il gas acido carbonico, il quale di sua natura è così micidiale che distrugge ogni sentimento. Appena di fatto si può giungere per mezzo della pila di Volta ad eccitare del moto nelle fibre muscolari e nel cuore di quei che son morti respirando gas acido carbonico.

Esperimento X.

Espirando sulla superficie dell'acqua di calce, si osserva che l'acqua da prima s'intorbida formando uno strato di una materia bianca, ch'è un carbonato di calce, il quale poi a poco a poco precipita. Lo stesso avviene quando si bruciano de' corpi in luoghi e vasi chiusi ne' quali avvi acqua di calce.

169. Dalla respirazione adunque degli animali e dalla combustione si sviluppa gas acido carbonico, che si forma dall'ossigeno dell'aria e dal carbonio del sangue, o pur da quello de' corpi combustibili; e questo gas posto in contatto con quell'acqua si combina colla calce; e però formandosi il carbonato di calce, questo

si dà prima a vedere sotto la forma di bianco velo, che poi fatto più pesante si precipita.

Si comprende da ciò, che svolgendosi dalla respirazione e dalla combustione gas acido carbonico, si vengono allo spesso a contrarre delle malattie nelle prigioni, ne' teatri, negli spedali, nelle sale di ballo, in tutti i luoghi in somma in cui si radunano gran numero di persone e si accendono molti lumi. Fan quindi male quelli che si mettono a dormire nelle stanze chiuse co' lumi accesi, o pure colle cortine tirate dentro le alcove. Poichè gli uomini e i fuochi viziano l'aria consumando il gas ossigeno, con cui si genera il micidiale gas acido carbonico. E parimente sono da allontanarsi dalle stanze ove si dorme le piante odorifere, perchè queste in tempo di notte senza il beneficio della luce viziano l'aria.

170. Se i fuochi possono recare qualche vantaggio, è quando sono destinati a rinnovare l'aria. Di fatto i cammini rinnovano l'aria delle stanze; perciocchè il fumo e l'aria rarefatta per la loro leggerezza salendo su per la canna, chiamano da ogni parte delle stanze aria nuova, affinchè si ristori il turbato equilibrio; e così l'aria rarefatta va per la canna de' cammini, ed aria nuova sopraggiunge ad ogn'istante nella stanza. Con tale intendimento si adoprano talora de' fuochi per purificare l'aria ne' luoghi interni delle navi; perchè l'aria corrotta come si riscalda monta su ed esce fuori, e in sua vece entra la nuova ch'è salutare. Si comprende in fine l'uso de' ventilatori nelle prigioni, negli ospedali e ne' teatri, giacchè per mezzo di essi si agita sempre e si rinnova

l'aria. Ed a ciò fare bastano talvolta due sportellini di rincontro, l'uno in alto e l'altro in basso, che fanno da ventilatori.

Esperimento XI.

Versate un fiasco pieno di gas acido carbonico nella capacità di un altro pieno d'aria comune; ed allora vedrete che una candela accesa introdotta in questo secondo fiasco si spegne, e gli animali, che vi si mettono, periscono.

171. Dimostrasi con questo esperimento che il gas acido carbonico è molto più pesante dell'aria comune; giacchè quello sottentra, non altrimenti che fa l'acqua in un vaso pieno d'olio. Indi è che sì fatto gas si eleva a picciola altezza sulla superficie della terra, come avviene nella grotta del Cane, in cui alzandosi sino ad un piede riesce nocevole a' cani che lo respirano, e niun pregiudizio reca agli uomini, che a respirarlo non giungono. La sua gravità specifica è, riguardo all'aria comune, 1,5196⁴⁸.

⁴⁸Della proprietà del gas acido carbonico di deporsi nei luoghi bassi e di rendere pestilenziale e mortifera l'atmosfera dei medesimi, si ha un esempio in una picciola valle dell'isola di Java nell'Oceanica, detta perciò *valle avvelenata* o *pestilenziale*. In una sessione della Società reale di geografia di Londra si lesse nell'anno 1832 una lettera del sig. Alessandro Loudon intorno alla visita ch'egli fece a quella valle. Questo luogo singolare, chiamato nel linguaggio del paese *Guepo-Upas*, ossia la *valle pestilenziale* o *avvelenata*, è distante 3 miglia inglesi da Batavia, e situato al piede d'una montagna che bisogna

attraversare per avvicinarsi alla medesima. Il sig. Loudon si mise in viaggio con alcuni compagni il giorno 4 luglio del 1831 per osservare quella valle. Una specie di seno o cavità che presenta quella montagna permette, attaccandosi a degli alberi che ne guerniscono il pendio, di avvicinarsi alla valle pestilenziale senza pericolo sino alla distanza di 1/8 di miglio inglese. Da quel luogo i nostri viaggiatori, sempre fumando tabacco, scoprirono il fondo della valle, la cui circonferenza è di circa $\frac{1}{2}$ miglio inglese, ed ha la forma ovale e la profondità di 12 in 13 metri. Il suolo è piano, coperto di pietre e privo di qualsiasi vegetazione. Scorgonsi qua e là alcuni scheletri umani, i quali probabilmente sono le reliquie di alcuni ribellati posti in fuga nelle ultime guerre dalle truppe, e diretti verso quella valle, ignorando qual sorte ve li attendesse. Si osservano altresì scheletri di tigri, di cervi, di orsi e di animali di molte altre specie sparsi in gran quantità sul suolo. I viaggiatori avevano preso con loro due cani e due galline per tentare qualche sperienza sulla qualità mortifera di quella regione. Essi vi spinsero un cane legato ad una canna di *bambou*. A capo di 14 secondi l'animale non potendo più reggersi in piedi, cadde disteso al suolo, avendo vissuto ancora 18 minuti. Il secondo cane seguì la sorte del suo compagno, e a capo di 7 minuti spirò accanto al medesimo.

La cagione di questo fenomeno è della stessa natura di

Esperimento XII.

Riempiendo una caraffa metà di gas acido carbonico e metà d'acqua, ove questa forte si agiti per pochi minuti, si osserva che l'acqua acquista un sapore acidetto ed un odore che forte punge le narici, e muta i colori verdi e cerulei de' vegetabili in rossi, come fanno gli acidi.

172. Il gas acido carbonico si scioglie nell'acqua, ma è di necessità che si agiti per moltiplicare i punti di contatto tra l'acqua e 'l gas. Solamente è da avvertire che quando l'acqua è alquanto calda, con più difficoltà il gas si scioglie, perchè il calore lo rende più elastico; ed al contrario essendo l'acqua alquanto fredda, se ne scioglie di più. Ma se l'acqua fosse vicina a gelare, non solo il gas non si scioglie, ma se ne separa quello ch'era già sciolto, a cagione della forza di coesione che si rende più vigorosa nell'acqua vicino a gelare.

Il gas acido carbonico oltre a ciò, quando si scioglie nell'ac-

quella che produce degli effetti consimili nella *Grotta del Cane*, colla differenza però che nella valle *Guepo-Upas* l'aria è pestilenziale ad un'altezza che sorpassa la statura dell'uomo, mentre nella *Grotta del Cane* una persona può starvi in piedi senza alcun pericolo, perchè in essa l'aria mefitica s'innalza di pochi centimetri sul fondo della *Grotta* (V. *Bibliot. univer. aprile*, 1823). — *Gli Editori*.

qua, comunica a questa la sua acidità; però dalla presenza di questo gas proviene il sapore acido delle acque acidule minerali, le quali essendone pregne, divengono atte a sciogliere il ferro che incontrano scorrendo dentro la terra, e diconsi acidule e ferruginose⁴⁹.

173. Il gas acido carbonico si è creduto antisettico litontritico, e utilissimo in generale alle malattie che hanno lor sede nelle vie dell'urina; indi il dott. Nooth immaginò un apparecchio per bene impregnare l'acqua⁵⁰. A quest'acqua già fatta acidula si possono aggiungere gocce di tintura di marte con ispirito di sale per imitare l'acqua minerale di Pymont, o pure qualche granello di sale di acciaio per farla ferrata. Ma d'ordinario si suol formare l'acqua

⁴⁹Il gas acido carbonico si sviluppa in gran copia nelle fermentazioni vinose, e dà alle sostanze ed ai liquori cui è unito un sapore piccante, aggradevole e ristorativo, come si riscontra nelle acque minerali, nella birra, nei vini spumanti d'Asti e di Sciampagna. Un tal gas si sviluppa da questi liquidi, quando vengono agitati, o posti all'azione del fuoco. — *Gli Editori*.

⁵⁰Gli apparecchi per impregnare di gas acido carbonico l'acqua o altro liquido furono molto migliorati, e in Milano si adoprano presso molti fabbricatori d'acque minerali, di cui ora si fa gran uso. — *Gli Editori*.

detta *mefitica elastica* sciogliendo prima la potassa nell'acqua pura, e poi la potassa disciolta impregnandola di gas acido carbonico; giacchè una sì fatta acqua si è sperimentata utilissima per li morbi di vescica.

174. Essendosi già conosciuti i gas, da cui risulta l'aria atmosferica, e la proporzione in cui essi si stanno, ci verrebbe ora vaghezza di sapere se la proporzione dell'ossigeno e dell'azoto si mantiene costante. Ma, a dire il vero, nulla al presente si può intorno a questo affermare di certo. Molte, egli è vero, sono le cause, tra le quali la respirazione e la combustione, che tendono a consumare la quantità dell'ossigeno. Ma a queste cause si è contrapposta l'azione de' vegetabili, che scomponendo, siccome credesi, l'acido carbonico coll'ajuto della luce, versano di continuo dell'ossigeno nell'atmosfera. E però sono venuti alcuni nell'opinione che il gas ossigeno, il quale per via di più combinazioni da una parte si perde, dall'altra si acquisti per l'azione de' vegetabili. Ma noi non siamo ancora in istato di riconoscere un tal compensamento. Se l'analisi dell'aria atmosferica fosse stata istituita da più secoli con quella esattezza che con che oggi si è fatta, avrebbe potuto esserci noto per via di confronto, se la quantità dell'ossigeno coll'andar del tempo si fosse ita accrescendo o menomando. Ma essendone soltanto in questa presente età determinata la proporzione, è da aspettare più e più secoli per farne il confronto, e sapere se ritiene costante o no questa proporzione.

CAPO III. — DE' VAPORI NELL'ARIA ATMOSFERICA.

175. Egli è noto che esposto all'aria libera un poco di sal di tartaro diligentemente asciugato, questo diviene liquido e comincia a scorrere. Poichè fornito essendo un sì fatto sale di affinità per l'acqua, si unisce a quella che stanZIA nell'atmosfera, e unendosi diventa liquido e scorrevole. E come l'acqua era invisibile nell'atmosfera, così è da conchiudersi che in essa trovavasi nello stato aeriforme o di vapore.

176. Per l'esperienze del Dalton e del Gay-Lussac la quantità di evaporazione che s'innalza in un vaso chiuso, posta la medesima temperatura, è sempre la stessa, sia che il vaso fosse vòto d'aria o pieno, e sia che l'aria fosse più o meno condensata. Per lo che niente influisce alla quantità dell'evaporazione l'*affinità*, o, come una volta credevasi, la *forza dissolvente* dell'aria; perchè nel vòto, se avesse luogo l'azione dell'aria, la quantità de' vapori risulterebbe meno, e con l'aria condensata di più. Ed al contrario, come restando costante la temperatura, resta costante la quantità de' vapori, è da affermarsi che dalla temperatura dipende la quantità dall'evaporazione, e questa cresce in proporzione di quella. Di fatto è famoso l'esperimento del Saussure, con cui dimostrò che posta una capacità di un piede cubico, sia che fosse stata piena o no d'aria, sempre si svolgea colla stessa temperatura di 15° ott. una quantità di vapore che pesava circa 10 grani. Ed in verità se l'evaporazione nasce dalla forza elastica del calore, egli è cosa naturale che debba dipendere dalla temperatura (V. il

Trattato del calorico, tomo I, *Fisica particolare*, § 276, 277 e seg.). Però variando questa, deve in corrispondenza quella variare; e che perdurerà l'evaporazione di un vaso pieno d'acqua, finchè ne manderà quella quantità ch'è necessaria a saziare la temperatura, al qual punto giungendo si dovrà fermare.

177. Non esercitando l'aria alcuna affinità verso il vapore, come questo si eleva, si va insinuando negl'interstizj frapposti tra le molecole aeree; e 'l primo effetto che produce, è quello di dilatar l'aria. Di fatto osservarono Saussure e Dalton che la forza elastica esercitata dall'aria prima asciutta, e poi sazia di vapori, era eguale, posta la medesima pressione; perciocchè trovaronla, con vapori e senza, costantemente eguale a 27 pollici. Ora se la molla dell'aria senza vapori era 27 poll., e fu al pari 27 poll. co' vapori che sono elastici, è da dirsi che coll'aggiunta de' vapori si diminuì di tanto la forza elastica dell'aria di quanto era quella de' vapori. E come la molla dell'aria non può venir meno se non si amplia il suo volume; così è da conchiudersi che l'aria per l'unione de' vapori si dilata. Sia dunque P la forza elastica dell'aria senza vapori, e P' quella de' vapori; V il volume primitivo dell'aria, e V' quello dell'aria dilatata; sarà $P-P'$ la forza elastica dell'aria dilatata. Essendo poi i volumi in ragione inversa delle forze elastiche, si avrà $V':V :: P:P-P'$ ossia $V' = \frac{PV}{P-P'}$. E però se fosse $P = P'$ diventerebbe $V' = \frac{PV}{0}$, ossia la dilatazione dell'aria

andrebbe all'infinito⁵¹.

⁵¹I vapori hanno, come i gas, una forza espansiva indefinita, per la quale, quando sia tolto qualsiasi ostacolo, essi prendono dei volumi indefinitamente crescenti. La forza elastica dei vapori non è però indefinitamente crescente in modo da poter resistere a pressioni sempre più grandi che vengono su di loro esercitate: egli è perciò che sotto una certa forza premente passano allo stato liquido. Questo limite di resistenza, in cui i vapori vengono a liquefarsi, appellasi il *massimo di tensione*. Esso varia nelle differenti sostanze evaporizzate, e il punto della massima tensione si trova e si determina coll'esperienza, mediante il tubo di Torricelli. Si dimostra pure nell'esperienza che i vapori, finchè non sieno giunti alla loro tensione massima, hanno l'elasticità in ragione inversa dei volumi, e si comprimono quindi, dentro tal limite, colla stessa legge dell'aria e dei gas (§ 131 e 132).

Dalla temperatura principalmente dipende questa tensione massima dei vapori, la quale è tanto più grande quanto più elevato è il grado di calore, come si prova con un apparato, il cui pezzo principale è il tubo Torricelliano. Quando alla temperatura ordinaria il vapore si forma nel vòto o in un'aria rarefatta, ha una debolissima tensione; e tale è pure quella del vapore acqueo che insensibilmente s'innalza alla superficie dei laghi e del mare. La tensione però è maggiore quando il vapore si forma per ebullizione, eguagliando essa

allora la pressione d'un'intera atmosfera. A temperature più elevate del grado di ebullizione si accresce la tensione ancor più; e coll'aumentare il grado di calore può diventare tale da lanciare dei proiettili e delle masse molto pesanti a grandi distanze. Noi troviamo degli esempj della grande forza di tensione del vapore acqueo a grandi temperature nelle macchine a vapore.

L'accrescimento della tensione o della forza elastica in virtù del calore è molto differente nelle due specie di fluidi aeriformi (gas e vapori), almeno quando si dà allo spazio tutta la quantità di vapore che può contenere. Le forze elastiche dei gas secchi fra gli estremi di temperatura dell'acqua bollente e del ghiaccio deliquescente stanno come 1,375:1; mentre quelle del vapore acqueo fra gli stessi termini di calore in uno spazio saturato, sono tra loro come 152:1; come si vedrà in seguito.

Per la condizione d'equilibrio dei fluidi elastici la tensione del vapore rinchiuso in uno spazio qualunque, e i di cui strati siano diversamente riscaldati, è eguale in tutta la massa del medesimo, supposto che lo spazio stesso non abbia una grande altezza da doversi computare il peso del vapore medesimo. Perciò nelle parti meno riscaldate, non potendo la tensione massima avere la stessa grandezza di quella delle parti elevate ad una maggiore temperatura, è d'uopo che in quest'ultima la tensione diminuisca fino ad eguagliare quella

178. Si è cercata la gravità specifica de' vapori in riguardo all'aria; e La Place mettendo in confronto un piede cubico d'aria e di vapori alla stessa temperatura di 15° ott. e sotto la medesima pressione di $\frac{1}{2}$ pollice, rinvenne col calcolo la gravità specifica dell'aria essere a quella de' vapori :: 14:10. Ma dall'esperienze più recenti istituite dall'Arago e dal Biot si è ricavato che presa per 1 la densità dell'aria, quella del vapore dell'acqua è 0,623. Di che viene che l'aria mescolata col vapore risulta specificamente più leggiera che l'aria secca a densità eguale⁵².

delle parti più fredde. Dunque in una massa vaporosa inegualmente riscaldata e rinchiusa in uno spazio, una volta che siasi stabilito l'equilibrio, la tensione è la stessa in ogni suo punto, ed ovunque eguale al massimo di tensione di quelle parti che hanno minore temperatura. — *Gli Editori.*

⁵²Chiamando D la densità d'un fluido aeriforme a T gradi centigrado di temperatura e sotto la pressione P , e d la densità del medesimo alla temperatura t e sotto la pressione p ; ed essendo c il coefficiente di dilatazione comune ai gas ed ai vapori, il quale è eguale a 0,00375 per ogni grado centigrado; si può trovare una relazione fra le due densità, le due temperature e le due pressioni.

Se con 1 si noti il volume di questo fluido alla temperatura zero gradi, esso diverrà a T gradi $1+cT$, ed a t gradi $1+ct$.

Ora le densità sono in ragione diretta delle pressioni ed inversa dei volumi; perciò sarà $D:d :: \frac{p}{1+ct} : \frac{p}{1+ct}$, da cui si ricava $d = \frac{p \cdot D(1+ct)}{P(1+ct)}$.

Per un altro fluido aeriforme la cui densità sia D' pure alla temperatura T e sotto la pressione P , e d' a gradi t ed alla pressione p , si avrà egualmente $d' = \frac{p \cdot D'(1+ct)}{P(1+ct)}$. Dividendo ora ciascun membro dell'equazione trovata superiormente pel corrispondente di quest'ultima, si ottiene la relazione $\frac{d}{d'} = \frac{D}{D'}$. Da cui si deduce che *le densità dei fluidi aeriformi conservano in generale lo stesso rapporto a qualunque temperatura e sotto qualsiasi pressione, purchè non cambiano stato passando alla liquidità*, siccome succede facilmente dei vapori sotto pressioni non molto grandi. Per lo che il gas ossigeno alla temperatura del ferro rovente come alla temperatura zero, sotto alla pressione di 30 atmosfere come sotto quella di una sola, avrà sempre per densità 1,1026 di quella dell'aria sottoposta alle stesse circostanze. Questa verità si appoggia sulla legge così detta di Mariotte per le compressioni (§ 131 e 132), verificata da Dulong ed Arago sin quasi alla pressione di 30 atmosfere; e su quella di Volta per le dilatazioni, estesa a tutti gli aeriformi da Dalton e Gay-Lussac, le quali sono le due leggi fondamentali per trattare del peso e della densità dei fluidi aeriformi.

179. Tutte queste cognizioni, che ritraggonsi dall'esperienza in uno spazio limitato, sono ora da applicarsi all'aria libera ossia all'atmosfera. E primieramente è da notare ch'esponendosi un

Da quella formola si ricava anche che, per determinare la densità dei vapori, è d'uopo conoscere la loro tensione massima, la quale varia al cangiare le loro temperature (Vedi la nota al § 177); e viceversa, che per trovare la tensione massima è mestieri conoscere la densità. Perlochè mediante quell'equazione le sperienze, con cui si sono determinate direttamente le tensioni e le densità del vapore a differenti temperature, servirebbero le une a provare l'esattezza colla quale sono state istituite le altre.

Osserviamo inoltre che essendo $T = t$, si ha $\frac{d}{D} = \frac{p}{P}$; cioè *le densità dei vapori ed in generale degli aeriformi sono proporzionali alle pressioni*. Egli è perciò inutile la questione promossa da alcuni intorno al sapere se le densità dei vapori siano o non siano proporzionali alle pressioni o tensioni; giacchè quando le temperature sieno eguali, ha luogo tale eguaglianza di rapporto fra le densità e le tensioni; ma queste non saranno le massime cui potranno soggiacere senza liquefarsi le due masse vaporese, potendo quella meno compressa avere una tensione maggiore senza passare allo stato di liquidità. Al fine di questo *capo* faremo conoscere in qual modo si determinano le tensioni e le densità dei vapori. — *Gli Editori.*

vaso pieno d'acqua all'aria libera, si può questa ritrovare in due stati differenti; cioè, che racchiuda o no tutta quella quantità di vapori che si conviene alla sua temperatura. Nel primo caso l'acqua del vaso non si metterà certo in evaporazione, perchè il vapore interposto nell'aria comprime ed equilibra la forza elastica del calorico, che sollecita l'acqua del vaso ad evaporare. Ma se l'atmosfera non è ancor sazia di vapore, l'acqua del vaso si metterà in evaporazione, finchè i vapori elevati giungeranno a saziarla secondo il grado di temperatura. E come un vaso pieno d'acqua rispetto all'estensione dell'atmosfera si considera come un punto; così tutta l'acqua del vaso si leverà in vapori, che per la loro piccola quantità non giungeranno ad alterare in un modo sensibile la tensione di quelli che già sono nell'atmosfera. L'unico effetto che merita di esser considerato, egli è che secondo le diverse circostanze, e più di ogni altro secondo che l'atmosfera sia più o meno lontana dallo stato di sazietà, l'evaporazione abbia luogo ora più presto ed ora più lento. Quando il vapore s'innalza dal liquido si va a collocare nello strato dell'aria più vicino, e da questo passa di mano in mano negli strati contigui. Ma per la resistenza meccanica che oppone l'aria alla loro propagazione avviene che la quantità de' vapori vada tanto più menomando a misura che lo strato si trova più lontano dall'acqua ch'evapora. Indi è che alcuni strati, quali sono i più vicini, si possono considerare come sazi; ed altri, che sono men vicini, per non sazi; ed altri ancora che sono più lontani, per privi di vapori. Ma ciò non

pertanto non si viene a fermare l'evaporazione dell'acqua; giacchè solleciti essendo i vapori a spandersi in quegli strati in che mancano, ne segue che gli strati dell'aria vicini all'acqua comunicandone sempre agli strati contigui, sono in istato di accoglierne de' nuovi, e l'acqua proseguirà ad evaporare, finchè l'aria non ne avrà acquistato tutta la quantità che si conviene alla sua temperatura. Potrà inoltre avvenire che l'atmosfera non abbia in tutti i punti una temperatura uniforme, ma dove più e dove meno; e però porzioni diverse dell'atmosfera esigeranno a saziarsi diverse quantità di vapori, come diverse sono le loro temperature. Per queste in somma ed altre simili circostanze più o meno presta si può far l'evaporazione.

180. Da queste considerazioni si può ora comprendere che sia aria umida e secca. Si dice che l'aria è allo stato di massima umidità allorchè racchiude quella quantità di vapori che corrisponde al grado di sua temperatura. La differenza poi che corre tra la temperatura e la quantità de' vapori, secondo ch'è minore o maggiore, forma i gradi diversi di umidità o di siccità. Indi è che l'umidità o siccità, posta nell'aria la medesima quantità di vapori, viene a variare se varia la temperatura. Di fatto l'aria umida, ove s'innalza la temperatura, può passare dal *maximum* di umidità alla siccità; ed al contrario l'aria secca, abbassandosi la sua temperatura, può passare allo stato di massima umidità, senza che acquisti novelli vapori. Per lo che in corrispondenza ai cangiamenti di temperatura si può del tutto fermare, accelerare o ral-

lentare l'evaporazione dell'acqua. Al più, posta la medesima temperatura, l'evaporazione si fa più lenta in un'aria perfettamente tranquilla, e più rapida nell'aria agitata dal vento; perchè il vento porta continuamente novelli strati d'aria in contatto dell'acqua che si evapora, e così la propagazione del vapore si fa più presto di strato in strato, e senza lottare colla resistenza meccanica dell'aria⁵³.

⁵³Quella parte della fisica che si occupa dello stato dei vapori nell'aria, chiamasi *igrometria*. Essa ha per iscopo principale due sorta d'indagini: 1.^a di misurare l'elasticità dei vapori esistenti nell'aria, e quindi valutare la quantità dei medesimi; 2.^a di determinare l'azione che i vapori stessi possono esercitare sui diversi corpi della natura e viceversa. Questa seconda parte dell'igrometria presenta un gran numero di fenomeni importanti, alcuni de' quali sono fatti conoscere dall'Autore, ma che per essere trattati adeguatamente richiederebbero un'estensione maggiore di quella che vi è stata assegnata in quest'opera.

Gli strumenti, coi quali si misura la forza elastica dei vapori che si contengono nell'aria, si chiamano *igrometri*. Fra gl'igrometri è mestieri distinguere quelli che danno immediatamente il valore di una tale forza, da quelli che non lo possono dare che per mezzo di deduzioni più o meno incerte. I primi si comprendono sotto la denominazione d'*igrometri a condensazione*; gli altri d'*igrometri ad assorbimento*. E infatti

181. Dalton coll'ajuto dell'esperienze intese a dimostrare che la quantità dell'evaporazione, quale ha luogo nell'atmosfera, sia proporzionale alla forza elastica del vapore. Espresse la forza elastica in pollici inglesi, e la quantità dell'evaporazione per un minuto in grani ingl., e stabilì le sue esperienze dalla temperatura dell'acqua bollente $212^{\circ} F.$ sino a quella di $138^{\circ} F.$ Dopo di che formò la tavola qui appresso:

212°	30 ^{poll.}	30 ^{gr.}
180	15,15	15
164	10,41	10
152	7,81	8,5
144	6,37	6
138	5,44	5

Non vi ha dubbio che da questa tavola diritto si ricava la proporzione tra la forza elastica e la quantità de' vapori; giacchè le differenze sono così piccole, che si possono trascurare. Ma come l'esperienze di Dalton furono instituite ad alte temperature; così si potea trascurare la piccola quantità di vapori già esistenti nell'aria, e la loro molla, per la ragione che questi, in riguardo a

la prima specie di questi strumenti è fondata sul ricondensamento del vapore ad una determinata temperatura; mentre la seconda specie si appoggia sulla proprietà di cui sono dotate alcune sostanze d'assorbire il vapore. L'Autore fa conoscere alcuni igrometri nel capo VI che segue. — Gli Editori.

quelli che si levano dall'acqua ad alte temperature, aveano una forza quasi nulla. Non così può farsi quando le temperature in cui evapora l'acqua, sono basse. Allora è da porsi in computo l'umidità dell'atmosfera, o sia la quantità de' vapori che sono nell'aria; perciocchè questi vapori, che già sono nell'aria, modificano la quantità dell'evaporazione e la sua forza elastica. Però lo stesso Dalton venne immaginando il metodo con che misurare l'elasticità del vapore che esiste nell'atmosfera.

182. Questo metodo consiste nel versare di mano in mano in un vaso cilindrico dell'acqua a diverse temperature, che sono sempre inferiori a quella dell'aria in cui si fa l'esperienza. Si conosce in questo modo quando l'umidità dell'aria si comincia a depositare in rugiada sulle pareti esterne del vaso, e si segna con precisione la temperatura t' . Ora egli è certo che i vapori formati a diverse temperature si distinguono tra loro per la diversa forza elastica. Dalton in fatti ha osservato che a 0° il vapore dell'acqua vale a sostenere una colonna di mercurio di 6^{mm} , a $18^{\circ},75$ una colonna di 13^{mm} , a 50° di 38^{mm} , ec. (V. Biot, *Tratt. di Fis.* tomo I, pag. 272 e seg.)⁵⁴. Conoscendosi adunque la tensione del vapore

⁵⁴I valori riportati da Biot, nel luogo citato, per la forza elastica del vapore acqueo sono espressi in pollici inglesi ed

a 0° centigrado corrisponde	$0^{\text{p}},200$
$18^{\circ},75$	$0,630$
$25^{\circ},00$	$0,910$
$50,00$	$3,500$

corrispondente a ciascun grado del termometro centigrado, si ricava subito la forza elastica φ' del vapore alla temperatura t' . Ciò posto, è facile di calcolare la vera tensione f' che il vapore esercita nell'aria alla temperatura t , di cui è fornita. Poichè secondo la legge del Gay-Lussac, posto il volume di un gas =1 alla temperatura zero, questo gas per ciascun grado di temperatura va crescendo di volume di 0,00375⁵⁵. Dilatandosi adunque la

75,00	11,250
100,00	30,000

Al fine di questo *capo* noi daremo una tavola per le tensioni del vapore di grado in grado di temperatura. — *Gli Editori.*

⁵⁵Questa legge di dilatazione, per l'aria atmosferica era già stata determinata parecchi anni prima da Volta, il quale la rinvenne espressa da circa 0,003704 per ogni grado del termometro centigrado, e tenendo a calcolo la dilatazione del vetro, da quasi 0,00374 (Vedi *Annali di Chimica*, ec., di L. Brugnatelli, t. IV. Pavia, 1793); essa fu poscia con diligenti esperienze confermata da Dalton e Gay-Lussac e valutata di 0,00375, i quali la trovarono verificarsi eziandio pei vapori e pei gas, e dentro un intervallo di temperature molto più esteso anche da Dulong e Petit, e da Davy sotto pressioni differenti. — *Gli Editori.*

quantità φ' come un gas, si avrà $f' = \varphi' \frac{(1+t \cdot 0,00375)^{56}}{(1+t' \cdot 0,00375)}$. Conosciuta così la tensione f' , si va di leggieri trovando la quantità di evaporazione che può aver luogo. Dalton seppe dall'esperienza che per un vaso di 4 poll. ingl. di diametro l'evaporazione in un minuto alla temperatura dell'acqua bollente è di 120 grani ingl., e la tensione del vapore 30 poll. ingl. Riconobbe di più che la quantità di evaporazione è costantemente proporzionale alla differenza di due tensioni $f-f'$, chiamando F la tensione totale che il vapore potrebbe acquistare alla temperatura in cui si opera, se lo spazio ne fosse sazio. Ciò posto, segnando F la tensione a 100° , o dell'acqua bollente, ed m la quantità di 120 grani, si avrà $F:m :: f-f':x$, quantità di evaporazione
$$= \frac{m(f-f')}{F} = \frac{120(f-f')}{30} = 4(f-f').$$
 Che se ci piacesse d'esprimere questa formola per un decimetro quadrato in pesi e misure metriche, si ridurrebbe la quantità dell'evaporazione
$$= \frac{4^g,2686(f-f')}{0,762}.$$
 È solamente da avvertire che l'esperienze del Dalton suppongono un'aria calma; e però dalla formola si può ricavare la quantità di evaporazione che si corrisponde a $f-f'$ in un'aria calma; giacchè ciascun sa che

⁵⁶Quest'equazione dell'Autore si deduce da quella generale trovata nella nota al § 178, facendo in essa eguali la densità D , d e rappresentando le forze elastiche colle pressioni, cui sono eguali. — *Gli Editori.*

l'evaporazione è più abbondante quando l'aria è agitata, per la ragione che questa si rinnuova, ed offre così ad ogni istante libero l'accesso ne' suoi interstizj a' vapori. Per lo che per potersi applicare la formola, le circostanze di agitazione o di calma debbono essere le medesime; o sia stabilito m per un'aria tranquilla o pure in movimento, si può ricavare la quantità di evaporazione, nelle medesime circostanze per $f-f'$.

183. Si vede adunque da ciò, che conosciuta la tensione f' del vapore negli strati atmosferici che circondano il vaso, e calcolata la tensione f , si trova subito la quantità di evaporazione. Parimente conosciuta la quantità dell'evaporazione, e calcolata f , si può ritrarre f' ; o pure osservata la quantità dell'evaporazione, e conosciuta f' , si può ricavare f , sebbene si possa con più esattezza ritrarre questa tensione f direttamente dalla temperatura⁵⁷.

⁵⁷Per poter far uso della formula che qui riporta l'Autore onde determinare la quantità d'evaporazione che si fa in un dato tempo, è d'uopo conoscere la tensione massima del vapore al grado di calore cui viene a depositarsi come rugiada, e calcolare quindi la tensione ch'esso ha realmente alla temperatura dell'aria; inoltre è mestieri conoscere anche la tensione totale di cui lo stesso vapore è capace, quando alla stessa temperatura ne venga saturato lo spazio in cui è contenuto.

Interessa altresì di saper determinare la quantità in peso

184. Chiunque ora si accorge perchè lo spuntar del sole, come quello che alza la temperatura, renda l'aria meno umida; e 'l contrario avvenga al suo tramontare verso la sera. È chiara del pari la ragione perchè le bocche degli uomini e degli animali compaiono fumanti ne' tempi freddi; giacchè essendo l'aria da loro espirata carica di vapori, nell'uscir fuori si raffredda, e i vapori si manifestano sotto l'apparenza di fumo. Nè ad altro che a vapori addensati riducesi la rugiada che si osserva in tempo d'inverno ne' cristalli di una carrozza, o in tempo di state nelle pareti esteriori di un vaso pieno d'acqua fredda. Perciocchè l'aria in contatto del vaso o del cristallo si raffredda, e non potendo più ritenere i vapori, li deposita in forma di rugiada. Finalmente corre alla mente di tutti perchè l'aria calda in contatto colla neve ci dia a vedere che questa fumiga, e perchè ne' paesi caldi l'aria ch'è pregna di vapori, nel traversare le foreste, in cui il sole non penetra, si abbassi di temperatura, e i vapori ridotti in acqua diano principio a molte scaturigini. Ed in generale si dichiara così l'umidità che si deposita su i corpi freddi posti in un'atmosfera calda e piena di vapori.

Reca solo gran maraviglia come nelle alte regioni dell'atmosfera abbia luogo una gran siccità. Di fatto le sostanze organiche,

di vapore contenuto in un determinato volume d'aria atmosferica. Al fine di questo capo noi procureremo di far conoscere le cose principali risguardanti tali indagini. — *Gli Editori.*

come la pergamena, che son capaci di assorbire l'umido, quando si conducono in quelle altezze, torconsi come se fossero al fuoco esposte. E ciò reca tanto più di ammirazione, che la temperatura, come più innanzi si dirà, è colà assai fredda, e basta una piccola quantità di vapori per saziare quell'aria. Ma la ragione di questo fenomeno è, per quanto pare, da raccogliersi dalla rarezza dell'aria di quelle alte regioni, la quale non contrasta, anzi favorisce la diffusione e la propagazione del vapore. Per lo che potendosi i vapori estendere con facilità, ne segue che i corpi imbevuti d'acqua portati là su prontamente si disseccano.

APPENDICE AL PRESENTE CAPO TERZO

Sulla tensione dei vapori nel vôto.

Nella soluzione delle questioni che possono proporsi intorno ai vapori in generale e principalmente intorno al vapore acqueo, importa di conoscere in qual modo si è determinata la tensione massima dei medesimi ad una data temperatura, e come si giunge a trovare le tensioni massime corrispondenti ad ogni grado del termometro (Veggansi le *note* ai §§ 177, 178, 180 e 183).

La *tensione massima* dei vapori si determina coll'esperienza, fra 0 e 100 gradi del termometro centigrado, al di sotto di 0° e al disopra di 100° sino a temperature più elevate; e in ognuna di queste determinazioni si richiede un apparato apposito.

La tensione massima del vapore acqueo tra 0° a 100° è stata

determinata da Dalton e da altri fisici col mezzo del tubo di Torricelli. S'introduce nel vòto torricelliano il liquido da evaporarsi, che viene portato a differenti temperature tenendo immerso il tubo in un bagno d'acqua riscaldata successivamente da 0° sino a 100°: esaminando in ogni caso la depressione del mercurio in confronto dell'altezza che esso ha in un altro tubo di Torricelli senza vapore, questa depressione dà appunto la tensione richiesta.

Al disotto di 0° la tensione massima del vapore acqueo è stata diligentemente rintracciata da Gay-Lussac con un metodo somigliante al precedente, portando a temperature inferiori a zero il vapore mediante mescolanze frigorifere, le quali circondavano la parte vuota del tubo incurvato per tale scopo verso l'alto; e deducendo dalla depressione del mercurio, confrontato come precedentemente, l'elasticità o la tensione del vapore, la quale doveva essere eguale in tutto lo spazio al disopra del mercurio (Vedi la nota al § 177).

In fine al disopra di 100° la tensione massima incomincia ad essere maggiore d'un'atmosfera; e per le temperature che non sorpassano i 140°, ed anche i 145° centig., serve alla determinazione della medesima un tubo incurvato, il cui ramo più corto è chiuso e pieno tutto di mercurio unitamente a porzione del ramo aperto. Alcune gocce d'acqua o del liquido, del cui vapore si cerca la tensione, si fanno passare alla sommità del ramo più corto superiormente al mercurio, e s'immerge l'apparato così di-

sposto in un bagno d'olio, che viene riscaldato ad una temperatura superiore all'acqua bollente. Il vapore che si forma nel ramo più corto, preme il mercurio, e lo obbliga ad innalzarsi nell'altro ramo, per cui la forza di tensione del medesimo viene misurata dalla colonna di mercurio equivalente ad un'intera atmosfera, più la colonna che nel ramo aperto sovrasta al livello del mercurio nell'altro ramo dentro cui sta il vapore portato successivamente a diverse temperature superiori a 100° col riscaldamento dell'olio. Per le grandi temperature serve una robusta caldaja in cui si forma il vapore a temperature superiori a 145° ; e si misura d'ordinario la tensione del medesimo dallo sforzo che deve esercitare per aprire una valvola di data dimensione e premuta da un peso noto.

Con esperienze istituite in questa maniera si è trovata la tensione massima del vapore acqueo per diverse temperature, e i risultamenti si rappresentarono con una formola, mediante la quale si sono calcolate le forze elastiche o le tensioni massime del vapore medesimo per ogni grado del termometro centesimale. Queste si sono raccolte per ordine in quadri, con cui riescono di comodità e di facile applicazione nelle indagini differenti e in parecchie questioni che presentano la fisica e la meteorologia; cui si suole aggiungere la densità ed il volume del vapore acqueo alla tensione massima in confronto della densità o del volume dell'acqua liquida a zero.

TAVOLA PRIMA

Della *tensione massima* del vapore acqueo per ogni grado del

termometro centigrado, espressa in millimetri di colonne di mercurio; cui si aggiunge la *densità* ed il *volume* dello stesso vapore per ogni tensione, prendendo per unità la densità ed il volume dell'acqua liquida a zero.

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
−20	1,333	0,7324	0,00000154	650588
−15	1,879	1,2345	212	470898
−10	2,631	1,9955	292	342984
−5	3,660	3,1128	398	251358
0	5,059	4,7091	540	182323
+1	5,393	5,0986	573	174495
2	5,748	5,5146	609	164332
3	6,123	5,9585	646	154842
4	6,523	6,4317	686	145886
5	6,947	6,9360	727	137488
6	7,396	7,4727	772	129587
7	7,871	8,0436	818	122241

⁵⁸Il volume essendo in ragione inversa dalla densità, si deduce dai numeri della precedente colonna.

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
8	8,375	8,6504	867	115305
9	8,909	9,2948	919	108790
10	9,475	9,9789	974	102670
11	10,074	10,704	0,00001032	99202
12	10,707	11,473	1092	91564
13	11,378	12,287	1157	86426
14	12,087	13,149	1224	81686
15	12,837	14,061	1299	77008
16	13,630	15,025	1372	72913
17	14,468	16,043	1451	68923
18	15,353	17,118	1534	65201
19	16,288	18,253	1622	61654
20	17,276	19,450	1718	58224
21	18,317	20,711	1811	55206
22	19,417	22,039	1914	52260
23	20,577	23,438	2021	49487
24	21,800	24,910	2133	46877
25	23,090	26,459	2252	44411

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
26	24,447	28,086	2376	42084
27	25,881	29,797	2507	39895
28	27,390	31,593	2643	37838
29	28,975	33,479	2794	35796
30	30,649	35,457	2938	34041
31	32,414	37,532	3097	32291
32	34,268	39,707	3263	30650
33	36,221	41,986	3435	29112
34	38,264	44,374	3619	27636
35	40,404	46,873	3809	26253
36	42,644	49,489	4017	24897
37	44,988	52,225	4219	23704
38	47,439	55,096	4442	22513
39	50,110	58,076	4666	21429
40	52,888	61,200	4916	20343
41	55,782	64,464	5156	19396
42	58,792	67,871	5418	18459
43	61,958	71,427	5691	17572

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
44	65,270	75,136	6023	16805
45	68,751	79,005	6274	15938
46	72,393	83,038	6585	15185
47	76,205	87,242	6910	14472
48	80,195	91,621	7242	13809
49	84,370	96,183	7602	13154
50	88,742	100,932	7970	12546
51	93,301	105,87	8354	11971
52	98,075	111,02	8753	11424
53	103,06	116,37	9174	10901
54	108,27	121,93	9606	10410
55	113,71	127,71	0,00010054	9946
56	119,39	133,72	10525	9501
57	125,31	139,96	11011	9082
58	131,50	146,45	11523	8680
59	137,94	153,18	12044	8303
60	144,66	160,16	12599	7937
61	151,70	167,42	13179	7594

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
62	158,96	174,94	13760	7267
63	166,56	182,74	14374	6957
64	174,47	190,83	15010	6662
65	182,71	199,22	15668	6382
66	191,27	207,91	16356	6114
67	200,18	216,92	17606	5860
68	209,44	226,25	17797	5619
69	219,06	235,91	18566	5386
70	229,07	245,91	19355	5167
71	239,45	256,26	20174	4957
72	250,23	266,98	21013	4759
73	261,43	278,06	21889	4569
74	273,03	289,52	22794	4387
75	285,07	301,38	23789	4204
76	297,57	313,64	24702	4048
77	310,49	326,31	25699	3891
78	323,89	339,40	26739	3741
79	337,76	352,93	27789	3599

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
80	352,08	366,91	28889	3462
81	367,00	381,34	30025	3331
82	382,38	396,25	31195	3206
83	398,28	411,63	32399	3087
84	414,73	427,51	33637	2973
85	431,71	443,90	34916	2864
86	449,26	460,81	36237	2760
87	467,38	478,25	37590	2660
88	486,09	496,24	38984	2565
89	505,38	514,79	40417	2474
90	525,28	533,91	41891	2387
91	545,80	553,62	43405	2304
92	566,95	573,94	44956	2224
93	588,74	594,87	46556	2148
94	611,18	616,44	48201	2075
95	634,27	638,65	49886	2005
96	658,05	661,52	51613	1938
97	682,50	685,07	53388	1873

TEMPE- RATURA	TENSIONE		DENSITÀ	VOLUME ⁵⁸
	I. Valutazione	II. Valutazione		
98	707,63	709,32	55191	1812
99	733,46	734,28	57055	1751
100	760,00	760,00	58955	1696

TAVOLA SECONDA

Della *tensione massima* del vapore acqueo e della temperatura corrispondente, di quarto in quarto d'atmosfera da 760 millimetri di colonne di mercurio, determinata col calcolo.

ATMOSFERE da 760 mill.	TEMPERA- TURA	DENSITÀ	VO- LUME
1,00	100,00	0,00058955	1696
1,25	106,60	72391	1381
1,50	112,40	85539	1169
1,75	117,10	98324	1014
2,00	121,55	0,00111652	896
2,25	125,50	123923	806
2,50	128,85	136636	732
2,75	132,15	149056	671

ATMOSFERE da 760 mill.	TEMPERA- TURA	DENSITÀ	VO- LUME
3,00	135,00	161453	619
3,25	137,70	173739	576
3,50	140,35	185886	538
3,75	142,70	198020	505
4,00	144,95	210067	476
4,25	146,76	222731	449
4,50	149,15	233938	428
4,75	151,15	245763	407
5,00	153,30	257363	389
5,25	155,00	268956	372
5,50	156,70	280827	356
5,75	158,30	292485	342
6,00	160,00	304651	328
6,25	161,54	315513	317
6,50	163,25	326828	306
6,75	164,84	338148	296
7,00	166,42	349393	286
7,25	167,94	360606	277

ATMOSFERE da 760 mill.	TEMPERA- TURA	DENSITÀ	VO- LUME
7,50	169,41	371783	269
7,75	170,78	382907	261
8,00	172,13	394110	254
8,25	173,46	405198	247
8,50	174,79	416123	240
8,75	176,11	427182	234
9,00	177,40	438111	228
9,25	178,68	447955	223
9,50	179,89	459873	217
9,75	180,95	470858	212
10,00	182,00	481690	208
30,00	215,00	0,01570780	64

TAVOLA TERZA

Della *tensione massima* del vapore acqueo e della temperatura corrispondente, da 1 a 24 atmosfere secondo l'osservazione, e da 24 a 50 determinata col calcolo.

TENSIONE IN ATMOS. da 760 mill.	TEMPERAT. IN GRADI CENT.	DENSITÀ	VOLUME
1	100	0,00058955	1696
1 ½	112,2	0,0008563	1167,8
2	121,4	0,0011147	897,09
2 ½	128,8	0,0013673	731,39
3	135,1	0,0016150	619,19
3 ½	140,6	0,0018589	537,96
4	145,4	0,0020997	476,26
4 ½	149,06	0,0023410	427,18
5	153,08	0,0025763	388,16
5 ½	156,8	0,0028091	355,99
6	160,2	0,0030402	328,93
6 ½	163,48	0,0032683	305,98
7	166,5	0,0034911	286,12
7 ½	169,37	0,0037217	268,82
8	172,1	0,0039434	253,59
9	177,1	0,0043865	227,98
10	181,6	0,0048226	207,36

TENSIONE IN ATMOS. da 760 mill.	TEMPERAT. IN GRADI CENT.	DENSITÀ	VOLUME
11	186,03	0,0052557	190,27
12	190,0	0,0056834	175,96
13	193,7	0,0061074	163,74
14	197,19	0,0065270	153,10
15	200,48	0,0069444	144,00
16	203,60	0,0073586	135,90
17	206,57	0,0077692	128,71
18	209,4	0,0081778	122,28
19	212,1	0,0085831	116,51
20	214,7	0,0089863	111,28
21	217,2	0,0093868	106,53
22	219,6	0,0097853	102,195
23	221,9	0,010182	98,213
24	224,2	0,010575	94,562
25	226,3	0,010968	91,171
30	236,2	0,012903	77,50
35	244,85	0,014663	68,198

TENSIONE IN ATMOS. da 760 mill.	TEMPERAT. IN GRADI CENT.	DENSITÀ	VOLUME
40	252,55	0,016644	60,08
45	259,52	0,018497	54,064
50	265,89	0,020306	49,315

Sulla tensione del vapor acqueo nel vòto.

Nella Tavola I la tensione o l'elasticità del vapore acqueo sino al grado d'ebullizione è notata in due colonne con valori un po' differenti.

La I. *Valutazione* è stata fatta da Pouillet colla formola di Biot, dedotta dalla legge approssimata annunziata da Dalton, e all'appoggio de' risultamenti che questi ha ottenuto coll'osservazione alle temperature di 100°, 75°, 50°, 25° centigrado. La detta formola trovasi nel *Traité de Physique par Biot*. Parigi, 1816, vol. I, pag. 277, ed è la seguente:

$$\text{Log. } f_n = 1,8808201 - 0,01537278757.n - 0,00006731995.n^2 + 0,00000003374.n^3.$$

dove f dinota la forza elastica in metri di colonne di mercurio, ed n il numero dei gradi centesimali contati dalla temperatura dell'ebullizione dell'acqua, positivamente al di sopra d'un tal punto e negativamente al disotto. Nei valori determinati colla formola di Biot la marcia progressiva dell'elasticità crescente

colla temperatura non si mostrava sempre regolare, poichè alcune delle differenze seconde risultavano ben anche negative: egli è per ciò che ci siamo permessi di fare qualche lieve cangiamento alle cifre dei valori medesimi, il quale si limita quasi sempre alle frazioni di millimetro. Una tale irregolarità dipende dall'espressione stessa dell'elasticità e dal calcolo logaritmico ch'è mestieri impiegare per determinarla.

Secondo il parere di Dulong ed Arago, questo genere d'espressione, già trovato da La-Place, è uno di quelli che si discostano maggiormente dalle osservazioni, quando si esce dai limiti fra i quali i dati furono presi per calcolare il valore dei coefficienti indeterminati. Nella colonna, *II. Valutazione*, abbiamo quindi calcolate le forze elastiche col mezzo della formola di Tredgold $f = \left(\frac{75+n}{85}\right)^6$, in cui f esprime la tensione in centimetri di colonne di mercurio, ed n la temperatura in gradi contati dallo zero del termometro centigrado; adattandola però al caso di $f = 76$ centimetri per $n = 100^\circ$, per cui viene ad essere modificata in quest'altra $f = \left(\frac{75+n}{85,03}\right)^6$. Siamo stati indotti ad un tal lavoro osservando primieramente che i nominati fisici Dulong ed Arago, nel dar ragguaglio delle sperienze ed osservazioni di cui furono incaricati dall'accademia di Francia, all'oggetto di stabilire la forza elastica del vapore acqueo per temperature superiori al grado di ebullizione dell'acqua (*Annales de Chim. et de Phys.*, t. XLIII, 1830, pag. 74), consigliano di far uso della formola di Tredgold sino a 100° ed anche a 140° centigrado; in secondo

luogo perchè le osservazioni e le sperienze di Dalton discordano da quelle istituite da altri Fisici; finalmente perchè i valori ritrovati colla formola di Biot pei gradi che si avvicinano allo zero ci sembrano troppo grandi. In prova di ciò riportiamo nel seguente quadro le forze elastiche del vapore acqueo pei gradi sui quali Biot ha fondato la sua formola, ed osservate da Dalton, ponendovi a confronto le corrispondenti osservate da Schmidt e quelle che si ottengono colle formole di Tredgold e di Biot.

Elasticità del vapor acqueo espresse in millimetri di colonne di mercurio.

TEMPERATURA IN GRADI CENTIGR.	OSSERVATE		CALCOLATE	
	da Schmidt	da Dalton	colla formola di Tredgold	colla formola di Biot
0°	0,000	5,080	4,7091	5,059
25	24,366	23,114	26,459	23,090
50	98,519	88,900	100,932	88,742
75	297,136	285,750	301,38	285,07
100	758,119	761,998	760,00	760,00

Da questo quadro risulta che i valori trovati colla formola di Biot si accordano, com'è naturale, colle elasticità osservate da Dalton, da cui la formola stessa si è dedotta; ma si discostano

sensibilmente dai numeri che esprimono le tensioni corrispondenti osservate da Schmidt, alle quali, facendo le opportune modificazioni onde partire da 760 millimetri per la forza elastica a 100°, si accostano con molta approssimazione i risultamenti che abbiamo ottenuto colla formola di Tredgold.

La Tavola II vien data da Pouillet (*Éléments de Phys.* Paris, 1827, pag. 337) in seguito ai valori calcolati colla stessa formola di Biot pei diversi gradi inferiori all'ebullizione. Confrontando questa Tavola colla terza, si vedrà tosto come i numeri per le alte temperature differiscono da quelli corrispondenti desunti coll'osservazione da Dulong ed Arago. La formola impiegata da questi due Fisici per calcolare la detta Tavola III è $f = (1 + 0,7153.n)^5$, in cui f esprime l'elasticità in atmosfere di 760 millimetri, ed n la temperatura a partire dal 100° grado, positivamente al disopra e negativamente al disotto, prendendo per unità l'intervallo di 100°. Cosicchè volendo che n esprima i gradi, la formola stessa diventa $f = (1 + 0,007153.n)^5$. Il solo coefficiente ch'entra in questa espressione è stato dedotto dal termine più elevato delle loro osservazioni. Una tale formola differisce poco da quella di Coriolis; ma come d'un uso più facile e di maggiore esattezza, viene preferita quella dei due su citati Fisici, che si accosta ancor più ai risultamenti delle loro osservazioni portate sino a 24 atmosfere; opinando essi che si possa applicare sino a 50 senza incorrere in errore sensibile. I risultamenti espressi nella Tavola III meritano tanto più fiducia sopra quelli ottenuti da altre indagini sperimen-

tali di questo genere, in quanto che essi si appoggiano sopra osservazioni fatte con colonne di mercurio necessarie a equilibrare lo sforzo del vapore acqueo, e non con una valvola aggravata da un determinato peso, che può condurre ad errori rilevanti. Le temperature corrispondenti alle tensioni di 1 sino a 4 atmosfere inclusivamente, sonosi dedotte colla formola di Tredgold, poichè in questa parte essi hanno trovato che si accorda meglio coll'osservazione.

Le prime indagini sperimentali dirette a determinare la forza elastica del vapor acqueo a differenti temperature, si vuole che sieno state istituite da Ziegler in Basilea nell'anno 1769, deducendola dall'abbassamento della colonna di mercurio in un tubo nel cui spazio vuoto era rinchiuso il vapore: ma i risultamenti di lui non si credettero esatti, nè si espressero quindi con una formola che facesse conoscere l'andamento della tensione al crescere della temperatura. Molto tempo dopo Betancourt, Schmidt, Bikker e Rouppe, come pure Volta, Southern, Dalton, Ure ed Arzberger intrapresero simili osservazioni entro i limiti del ghiaccio deliquescente e dell'acqua bollente, o di pochi gradi oltre questo punto. Quelle di Dalton occuparono, più di tutte le altre, i fisico-matematici per rintracciare un'espressione generale della legge dell'elasticità del vapore; esse furono pubblicate verso l'anno 1805, mentre Volta avea già pubblicate le sue nel 1793. Le indagini di Arzberger furono estese, a dir vero, molto al di là di 100° centig; ma i valori trovati da lui differiscono dal vero, non solo per essersi egli servito, nel misurare l'elasticità, dello sforzo

necessario ad innalzare una valvola aggravata da un peso, metodo inferiore per l'esattezza a quello diretto della colonna di mercurio; ma bensì per non aver tenuto a calcolo, nella valutazione della temperatura corrispondente, la diminuzione di capacità del termometro in causa della pressione del vapore in cui è immerso. Alcuni dei sunnominati Fisici rappresentarono pure le loro sperienze con formole, secondo cui ciascuno di essi intendeva di esprimere la sunnominata legge. Altri invece, appoggiandosi alle sperienze ed alle osservazioni già istituite, ricavarono pure delle formole più o meno concordanti colle osservazioni, ma che per più ragioni pare che non si debbano preferire alle due riferite, colle quali si sono calcolate le Tavole I e III. Vi furono di quelli che si fecero a rintracciare la legge fisica della forza elastica coi principj più generali della dottrina dei vapori. Dalton, Roche, Volta ed Avogadro sono fra quelli che si occuparono di questo genere d'indagini teoretiche. Sarebbe troppo lungo l'entrare in un esame circostanziato dei ragionamenti e delle conseguenze cui furono condotti i detti autori, ed altri che studiarono la legge dell'elasticità del vapor acqueo a temperature espresse coi termometro ad aria. L'elasticità che abbiamo date nelle Tavole I e III, espresse a diverse temperature del termometro a mercurio, sono applicabili nella pratica delle arti e in un gran numero di questioni intorno alla fisica ed alla metereologia.

Non dobbiamo qui tralasciare di far menzione del metodo proposto dal dottor Ure, facile nel suo uso e che si accorda

molto sufficientemente coll'esperienza, sin tanto che non si oltrepassino le 5 o le 6 atmosfere. Egli ha osservato che da 210° Fahrenheit, in cui la forza elastica è di poll. ingl. 28,9 o di mill. 734,06, se s'innalza la temperatura di 10° della stessa scala, la forza elastica corrispondente si ottiene moltiplicando la precedente per 1,23; per altri 10° al disopra moltiplicando il prodotto per 1,22, e così di seguito diminuendo sempre il fattore d'un'unità dell'ordine dell'ultima cifra per ogni accrescimento di 10°. Questo metodo però non permette di risolvere la questione inversa, cioè di conoscere la temperatura, data la forza elastica; ed inoltre conduce ad un punto in cui un accrescimento di 10° non darebbe aumento alcuno nella tensione, ed a temperature un poco più elevate la forza elastica diminuirebbe, il che è assurdo.

Sulla densità del vapor acqueo.

Se nell'equazione $d = \frac{pD(1+ct)}{P(1+ct)}$ (vedi la nota al § 178) si faccia $T = 100^\circ$, si ha $P = 760^{\text{mm}}$, per cui $d = \frac{pD(1+100c)}{760(1+ct)}$. Per una temperatura t qualunque si metta nell'equazione il valore di p corrispondente che si trova nella Tavola, si otterrà la densità d del vapore a quella temperatura espressa in confronto di $D = 1$, o della densità del medesimo alla temperatura di 100° e sotto la rispettiva pressione di 760^{mm} . Volendo pertanto la densità d per la temperatura $t = 0$, si ha dalla Tavola $p = 4^{\text{mm}}, 7091$, per cui

risulta $d = \frac{4,7091 \times 1,375}{760} = 0,0085198$; cioè la densità del vapor acqueo a 100° e sotto la corrispondente tensione massima, sta alla densità del medesimo a 0° pure alla tensione massima rispettiva, come 1:0,0085198; ossia prossimamente come 117:1; cioè il vapore dell'acqua bollente è 117 volte più denso di quello che si forma all'evaporazione del ghiaccio. Prendendo per la tensione p a 0° la I. Valutazione ch'è di 5,059, si ha $d = 0,009153$; per cui il vapor acqueo a 100° risulterebbe invece circa 109 volte più denso di quello alla temperatura zero. Le densità però riportate nelle Tavole I e II si riferiscono a quella dell'acqua liquida a zero presa come unità. Noi abbiamo tolti i valori delle densità dalla Tavola di Pouillet succitata, e mostreremo qui il modo con cui questi si possono ottenere, trovando primieramente il rapporto fra la densità del vapore acqueo e dell'aria, poste sotto le stesse circostanze di pressione e di temperatura.

Un decimetro cubico d'aria a 0° e sotto la pressione di 760^{mm} è di grani metr. 12,990505, mentre lo stesso volume d'acqua all'egual temperatura risulta di grani 9998,918, giacchè questo liquido ha il peso di 10000 grani alla temperatura di circa 4° centigrado, che costituisce la sua massima densità. La densità dell'aria pertanto paragonata a quella dell'acqua detta 1, risulterà espressa da $\frac{12,990505}{9998,918} = 0,0012992$; da cui si deduce che la densità dell'aria a 0° e alla pressione di 760^{mm} , è con assai approssimazione $\frac{1}{770}$ di quella dell'acqua liquida a zero. Ora da una esperienza istituita da Gay-Lussac si sa che 10 grani metrici di acqua,

ridotta in vapore alla temperatura di 100° ed alla pressione di 760^{mm} , occupano un volume di decimetri cubici 1,6964; per cui il peso d'un decimetro cubico di questo vapore vien ad essere di grani metrici $\frac{10}{1,6964} = 5,894836124$. Per avere il peso d'un decimetro cubico d'aria sotto queste stesse circostanze del vapore, si prenda la formula superiore (vedi la nota al § 178), e si faccia in essa $T = 0^{\circ}$, $D = 0,0012992$ e $P = 760^{\text{mm}}$, e si avrà $d = \frac{p \cdot 0,0012992}{760^{\text{mm}}(1+ct)}$ con cui si otterrà facilmente la densità d dell'aria per la pressione p e la temperatura t relativamente all'acqua liquida a zero presa per unità. Siccome nell'esperienza summentovata di Gay-Lussac il vapore acqueo è preso a 100° e a 760^{mm} ; così si faccia nella formola, $t = 100^{\circ}$, $p = 760^{\text{mm}}$; e si avrà per la densità dell'aria in questo caso: $d = \frac{0,0012992}{1,375}$, ossia $d = 0,00094487$. Ma alla densità 0,0012292 un decimetro cubico d'aria pesa grani metr. 12,990505, perciò alla densità 0,00094487 risulterà di grani metr. $\frac{12,990505 \times 0,00094487}{0,0012292}$; ossia di grani metr. 9,4476166. Dunque le densità dell'aria e del vapore acqueo sotto le stesse circostanze di temperatura e di pressione staranno come 9,4476166:5,894836124, ossia come 1:0,6239; cioè la densità del vapore acqueo è circa di $\frac{5}{8}$ quella dell'aria. Questo rapporto, fra le densità del vapore acqueo e dell'aria, si verifica per qualsiasi temperatura e pressione, purchè questa non sorpassi pel primo

fluido la tensione massima corrispondente alla temperatura medesima; e ciò per la ragione che al variare quei due elementi variano proporzionalmente le densità del vapore e quella dell'aria (vedi la nota al § 178).

Egli è facile ora il rinvenire la densità del vapor acqueo relativamente all'acqua liquida a zero presa per unità. Infatti si è trovato che la densità dell'aria a zero e a 760 mill. di pressione, è espressa da 0,0012992, e a 100° sarà $\frac{12,990505}{1,375}$, ossia 0,0009448727. E siccome la densità del vapor acqueo è di 0,6239 quella dell'aria; così la densità del primo fluido a 100° e a 760^{mm} risulterà di 0,0009448727×0,6239, ossia di 0,00058950607753. Nella formola quindi $d = \frac{p.D(1+ct)}{P(1+ct)}$ della nota al § 178, sostituendo per D la densità ottenuta corrispondente a $T = 100^\circ$ e a $P = 760^{\text{mm}}$, si avrà $d = \frac{p.0,00058950607753 \times 1,375}{760(1+0,00375.t)}$ da cui, moltiplicando per 800 ed effettuando le opportune operazioni, si ottiene $d = \frac{p \times 0,00085323}{800+3t}$, nella quale formola ponendo per t il numero dei gradi di temperatura a cui si vuole la densità, e prendendo per p il valore corrispondente che si trova nella Tavola, si avrà la densità richiesta. I numeri esprimenti queste densità variano pertanto nei diversi autori secondo i valori che essi adottano per la tensione del vapore, ed è perciò che si sono riportati nella Tavola quelli calcolati da Pouillet, lasciando al Lettore la cura di rinvenirli col metodo indicato, come più gli aggrada.

Calcolando in tal maniera le densità del vapor acqueo a differenti temperature e sotto le rispettive tensioni massime, si trova ch'esse aumentano coll'aumentare le temperature medesime; e si è veduto che il vapore, il quale nasce dall'acqua bollente, ha una densità più di 100 volte superiore a quello che esala dal ghiaccio a zero grado (vedi a pag. 168). Ad un certo grado di calore adunque il vapore potrebbe avere una densità tale da eguagliare quella del liquido medesimo. Una tal verità, dedotta da un principio teoretico, è stata avvalorata coll'esperienza di Cagniard de la Tour. Egli ha riempito d'acqua per circa un quarto della sua capacità un tubo di vetro a pareti assai robuste, e, mediante l'ebullizione del liquido, l'ha privato d'aria e poscia chiuso ermeticamente. Esposto un tal apparecchio ad una temperatura continuamente crescente, l'acqua si evapora e giunge a sparire all'occhio, ed il tubo, per la trasparenza del vapore in cui è passato il liquido, sembra vuoto. Per poco però che si diminuisca la temperatura del recipiente, il liquido ricomparisce ben tosto in esso visibile. Se questa sperienza non fosse pericolosa, si potrebbe aumentare la quantità d'acqua liquida in proporzione della capacità in cui resta rinchiusa, e trovare la temperatura necessaria per farla passare allo stato vaporoso e toglierla alla vista. Da ciò si vede quindi la possibilità di poter evaporizzare ad una certa temperatura una data quantità d'acqua senza diminuire la sua densità; in tal caso però la forza espansiva sarebbe enorme.

Sulla tensione del vapor acqueo nell'aria.

I valori della tensione massima del vapore acqueo nel vòto,

servono a farci conoscere la forza elastica dei vapori mescolati coll'aria atmosferica, sapendosi che questa non influisce per nulla sulla quantità dell'evaporazione (§ 176); non essendovi altra differenza fra la quantità di vapore che si forma all'aria e quella che succede nel vòto, se non nella rapidità con cui si fa l'evaporazione, la quale avviene istantaneamente nel vòto e lentamente all'aria o nei gas, come se le molecole di questi fluidi si opponessero meccanicamente per la loro inerzia alla diffusione dei vapori (§ 179). Il calore soltanto è la causa che determina la quantità de' vapori che si formano in un determinato spazio, sia o no pieno d'aria. Cercando quindi con un igrometro a condensazione la temperatura alla quale il vapor acqueo diffuso nell'atmosfera incomincia a liquefarsi (§ 182), si avrà dalla Tavola la tensione massima corrispondente espressa in millimetri. Per lo che se il così detto punto di rugiada o la deposizione del vapore incomincia ad aver luogo a 10° , la tensione è di $9^{\text{mm}},9789$. Dalton assicura che nel determinare il punto di rugiada, i vapori incominciano a depositarsi sulla superficie del corpo raffreddato dell'igrometro, alloraquando la temperatura è d'un mezzo grado centigrado al disotto di quella che il vapore dell'atmosfera può sopportare per giungere alla tensione massima; cosicchè nelle ricerche che si faranno, si dovrà tener conto d'un tal divario. I risultamenti che si ottengono in tal modo sono indipendenti dalla temperatura dell'ambiente, e non danno la tensione del vapore alla temperatura che esso ha misto coll'atmosfera. Per ridurre pertanto la ten-

sione in tal modo trovata alla temperatura effettiva che ha il vapore nell'atmosfera, riprendiamo la formula (nota al § 178) $d = \frac{p.D(1+ct)}{P(1+ct)}$, in cui tanto alla temperatura t del punto di rugiada, che alla temperatura T dell'aria, la stessa quantità di vapore si trova sparsa nel medesimo spazio, per cui riesce $d = D$, e la formula si riduce a $P(1+ct) = p(1+ct)$; in cui conoscendosi la temperatura t e la corrispondente tensione p determinata nel modo indicato, ed essendo data la temperatura T dell'atmosfera, si avrà facilmente la tensione P del vapore sparso nella medesima dall'equazione $P = \frac{p(1+ct)}{1+ct}$ (vedi la nota al § 182).

Se la temperatura dell'aria fosse eguale al punto di rugiada, lo spazio atmosferico sarebbe saturo di vapore o d'umidità: che se la temperatura stessa è molto superiore ad un tal punto, l'aria sarà molto secca, e lo spazio da essa occupato potrà contenere ancora una gran quantità di vapore. Egli è per ciò che il grado d'umidità dell'aria è una cosa ben differente dalla quantità di vapore in essa diffuso; potendo un dato volume d'aria contenere in sè molto vapor acqueo, ed essere nullostante assai secco, purchè abbia una grande temperatura, in confronto d'un altro volume, il quale contiene bensì una minor dose di vapore, ma ha un grado di calore molto minore, per cui si accosta al punto di rugiada o alla temperatura corrispondente al termine di saturazione (§ 180 e 184).

Sulla quantità di vapor acqueo in un dato spazio atmosferico.

Di due ricerche dobbiamo ancor far parola intorno al vapor

acqueo mescolato coll'aria: la prima è diretta a trovare il peso totale di vapor acqueo contenuto in un dato spazio atmosferico; la seconda si occupa di misurare la quantità d'acqua ch'evapora in un dato tempo e sotto determinate circostanze, avvegnachè quest'ultimo argomento sia stato toccato dall'autore (§ 182).

Superiormente si è trovato la formola $d = \frac{p \times 0,00085323}{800+3t}$ con cui si ottiene la densità d del vapor acqueo per una data temperatura t e sotto la corrispondente tensione massima p . Ora moltiplicando la densità pel volume, che chiameremo v , si ha il peso g : e sarà quindi $g = \frac{p \cdot v \times 0,00085323}{800+3t}$. La densità d poi è espressa in confronto di quella dell'acqua liquida a zero presa per l'unità. Una libbra metrica d'acqua ridotta alla sua massima densità, cioè alla temperatura di 4°,1 centigrado, occupa il volume d'un decimetro cubico; e ridotto questo liquido a zero gradi prende il volume di decimetri cubici 1,0001082. Perciò facendo $v = 1,0001082$ si avrà il valore di g espresso in libbre metr., cioè sarà $g = \frac{p \cdot 0,00085323 \times 1,0001082}{800+3t}$ ossia $g = \frac{p \cdot 0,00085332232}{800+3t}$; oppure, volendo il valore di g espresso in grani metrici e pel volume di 1 metro cubico, sarà $g = \frac{p \cdot 8533,2232}{800+3t}$. Nella quale equazione t denota il grado di calore in cui il vapore mescolato coll'aria incomincia a depositarsi o il punto di rugiada, e p la tensione massima corrispondente desunta dalla Tavola. Supponiamo che col metodo superiormente indicato siasi trovato $t = 10^\circ$, alla quale temperatura corrisponde la tensione massima $p = 9,9789$; si avrà

$g = \frac{9,9789 \times 8533,2232}{800 + 30}$, ossia $g = 102,59$ grani metrici prossimamente: cioè un metro cubico d'aria conterrebbe in questo caso grani metrici 102,59 di vapore.

Sulla rapidità dell'evaporazione all'aria libera.

Tre sono le cause che influiscono a rendere più o men rapida l'evaporazione all'aria libera: la *temperatura*, la *quantità dei vapori preesistenti nella medesima*, e *lo stato di calma o di agitazione dell'aria*, in cui si esala il vapore. Delle circostanze che possono rendere più o meno rapida l'evaporazione, si fa cenno dall'autore (§§ 181 e 182); e noi dobbiamo compiere quanto vien detto da lui su tale argomento.

Nelle sperienze dirette a stabilire la rapidità dell'evaporazione, bisogna aver riguardo non solo alla temperatura, ma eziandio alla quantità de' vapori preesistenti nell'aria ambiente ed allo stato d'agitazione di questa; circostanze che influiscono moltissimo a rendere più o meno veloce il passaggio del liquido allo stato aeriforme. Nell'aria che contiene dei vapori della stessa natura della goccia liquida, l'evaporazione continua ancora quando i vapori in quella esistenti non sieno dotati d'una elasticità eguale alla forza evaporante del liquido; ed allora soltanto l'operazione cesserà quando l'elasticità dei vapori già formati e la forza con cui il liquido tende a passare allo stato aeriforme, siano in equilibrio: il che avviene quando lo spazio è saturo di vapori al massimo di tensione che porta la loro temperatura. La quantità dei vapori preesistenti nell'atmosfera non fanno quindi che rendere più o

meno lenta l'aeriformazione del liquido, la quale sarà tanto più rapida quanto meno l'aria sarà umida. Che se l'aria circostante al liquido abbia in ogni strato una differente temperatura, si diffonderà in ciascuno dei medesimi una diversa quantità di vapori secondo il loro grado rispettivo di calore; e questa differenza si manterrà sinchè la temperatura di ogni strato sarà ineguale, avvenendo l'evaporazione più rapidamente in quegli strati che sono forniti di un maggior grado di calore, perchè in causa di questo lo spazio richiede una maggiore quantità di vapori per esserne saturato e giungere al massimo di tensione. Riguardo alla terza circostanza che concorre a far variare la quantità d'evaporazione in un dato tempo, si osservi che i vapori i quali vanno formandosi negli strati più vicini al liquido, venendo trasportati altrove dall'aria in agitazione, lasciano il loro luogo a strati d'aria secca più capaci a ricevere nuovi vapori. In questi ultimi strati l'evaporazione quindi succederà più rapidamente di quando nello stato di calma gli strati aerei avessero sempre conservato il loro posto. Egli è per ciò che a pari circostanze il passaggio del liquido allo stato aeriforme deve succedere colla maggiore lentezza in un'aria perfettamente calma e con più rapidità in un'aria molto agitata, per cui nuovi strati vengono continuamente a mettersi a contatto col liquido in evaporazione.

Dalton ha istituite delle indagini sulla rapidità dell'evaporazione, tenendo a calcolo le tre su mentovate circostanze, incominciando primieramente dalla temperatura dell'acqua bollente.

Il vaso di cui si serviva era cilindrico, ed aveva il diametro di pollici inglesi 2,25, o di cent. 6,35. L'ampiezza del vaso è importante a conoscersi; poichè nel caso che l'evaporazione si faccia in uno spazio indefinito, come è il caso dell'aria libera, la quantità del liquido, che passa allo stato aeriforme, deve essere proporzionale all'estensione o alla superficie su cui avviene l'evaporazione. In queste sperienze fatte alla temperatura dell'acqua bollente Dalton ha trascurato l'elasticità del vapore già esistente nell'aria, perchè questa forza riesce assai piccola in confronto della tensione che si richiede nell'ebullizione. Egli ha trovato che la minore evaporazione alla temperatura dell'acqua bollente aveva luogo quando il liquido, riscaldato da un fornello o da una lampada, si collocava nel mezzo della camera le di cui aperture erano chiuse e l'aria in essa non era in agitazione. In tal caso l'evaporazione era di 30 grani inglesi, o di grani metrici 19,42 per ogni minuto. Essa risultava di 35 grani inglesi o grani metrici 22,66, alloraquando portava il liquido così riscaldato vicino all'apertura d'un cammino verso cui promoveva una picciola corrente d'aria col mezzo della combustione che attivava sul medesimo, tenendo però anche in questo caso chiuse le porte e le finestre. Facendo un fuoco più vivo sul cammino, la corrente aerea diveniva più forte e l'evaporazione del liquido saliva da 35 ai 40 grani inglesi o da grani metr. 22,66 ai grani metr. 25,90 per ogni minuto. Se teneva aperte le finestre e le porte della stanza in un tempo che soffiava vento, la corrente d'aria diretta ad alimentare il fuoco nel cammino veniva proporzionalmente ad essere accresciuta, e

l'evaporazione per ogni minuto ascendeva dai 40 ai 45 grani ingl. ossia dai 25,90 ai 29,13 grani metrici.

I risultamenti che si hanno da queste esperienze sono compresi fra gli estremi di grani metr. 19,22 e 29,13 per minuto sopra una superficie circolare del diametro di cent. 6,35, ossia sopra centim. quad. 31,669. Per lo che sulla superficie d'un centimetro quadrato la quantità di evaporazione per un minuto è compresa fra i limiti di grani metrici 0,607 e 0,92. Quando però l'evaporazione avvenisse all'aria aperta e durante il tempo in cui soffiasse un gran vento, siamo indotti a credere che il limite di grani metr. 0,92 potrebbe diventare maggiore.

I risultamenti della celerità dell'evaporazione al disotto della temperatura dell'acqua bollente, vengono riportati dall'autore al § 181 e si estendono fino a 138° Fahrenheit ossia quasi a 59° centigrado. Dal quadro di tali risultamenti si ricava che la quantità d'evaporazione per ogni minuto segue la proporzione della tensione massima. Ma per temperature inferiori a quelle contemplate è mestieri tener conto dei vapori già diffusi nell'atmosfera, poichè senza aver riguardo a una tale circostanza s'incorrerebbe in gravissimi errori. Infatti volendo applicare la detta legge a rinvenire la celerità d'evaporazione alla temperatura di 11° centig., cui la tensione massima è di circa 10 millimetri o di $1/76$ di quella corrispondente all'ebullizione dell'acqua; la quantità d'evaporazione per un minuto e sopra un centimetro quadrato dovrebbe essere $1/76$ di una quantità minore di un grano metrico. Cosicchè per rispetto a grandezza s'è picciola, la diminuzione avvenuta

a causa dei vapori preesistenti nell'aria diverrebbe sensibilissima. Egli è perciò che se ne correggono i risultamenti calcolando l'elasticità dei vapori che già si trovano diffusi nell'atmosfera (§ 182. Vedi anche quest'Appendice pag. 171⁵⁹).

Da sperienze istituite con un vaso cilindrico del diametro di 6 poll. ingl., o di cent. 15,24, Dalton determinò la rapidità dell'operazione per temperature non molto elevate, computando anche la circostanza dell'elasticità dei vapori preesistenti nell'aria. Egli si servì in queste sperienze d'un vaso più largo per rendere più sensibile l'evaporazione aumentandone la superficie; poichè nelle basse temperature essa è assai tenue.

Da sperienze di questo genere egli dedusse quanto nota il nostro Autore al § 182: cioè che chiamando f la tensione massima del vapore di cui lo spazio è capace quando ne sia saturo alla temperatura alla quale si opera, ed f' la tensione dei vapori preesistenti nell'aria, la quantità dell'evaporazione è costantemente proporzionale ad $f-f'$ nelle stesse circostanze d'un'aria calma o agitata. Cosicchè, chiamando F la tensione massima a 100° centig., e la quantità di liquido evaporato ad un tal grado di calore e ad un'aria secca detta m grani metrici per l'unità di superficie; la quantità x di vapore ad una temperatura qualunque e nel caso di un'aria umida i cui vapori hanno l'elasticità f' , si avrà dalla proporzione $F:f-f'::m:x = \frac{m(f-f')}{F}$.

⁵⁹ Pag. 261 in questa edizione elettronica *Manuzio*.

Dalton ha trovato che per una superficie circolare del diametro di 6 pollici inglesi, o centigr. 15,24, l'evaporazione in un minuto alla temperatura dell'ebullizione dell'acqua e in un'aria secca e tranquilla, risulta di 120 grani inglesi o di grani metr. 77,688. Ora la superficie evaporante equivale a decim. quadr. 1,824; cosicchè la quantità di liquido che in un minuto passa in vapore sopra un decimetro quadrato viene ad essere grani metrici $\frac{77,688}{1,824}$ ossia grani metr. 42,592, che sarà il valore di m per la tensione $F = 30$ pollici inglesi o a 762 millimetri. La quantità d'evaporazione in un minuto sarà quindi per un'aria tranquilla espressa da $q = \frac{42,592(f-f')}{762}$ grani metrici.

Per dare un esempio dell'applicazione diretta di questa formula, sia la temperatura dell'atmosfera di 20° centigr., e il punto di rugiada o il grado di calore in cui incomincia a depositarsi il vapore di 11°; dalla Tavola I si ha $f = 19,450$. Per avere f' , ch'è l'elasticità reale del vapore preesistente nell'atmosfera, bisogna rammentare ch'essendo p la tensione al punto di rugiada e nel nostro caso a 11°, si ha $f' = \frac{p.(1+T.0,00375)}{1+t.0,0375}$ (vedi pag. 171 di quest'Appendice⁶⁰ ed anche al § 182); nella qual equazione è $T = 20^\circ$, $t = 11^\circ$ e per conseguenza $p = 10,704$. Sarà quindi $f' = \frac{10,704(1+20.0,00375)}{1+11 \times 0,00375} = \frac{10,704 \times 1,075}{1,04125}$, da cui si deduce $f' = 11,051$.

⁶⁰ Pag. 261 in questa edizione elettronica *Manuzio*.

Dunque si avrà in questo caso $q = \frac{42,592(19,450-11,051)}{762}$; ossia $q = 0,469462$; cioè la quantità d'evaporazione in un minuto primo e sulla superficie d'un decimetro quadrato sarebbe, nello stato di calma, di grani metrici 0,469462. Gli altri usi cui potrebbe servire la formola trovata vengono indicati dall'Autore (§ 183).

Sull'elasticità del vapore di altri liquidi.

Tutto ciò che abbiamo detto si riferisce particolarmente al vapor acqueo. Tuttavia ammettendo la legge proposta da Dalton, si può dalle Tavole superiori dedurre la tensione massima corrispondente ad una data temperatura del vapore di un altro liquido. Primieramente osserveremo che il vapor acqueo che nasce nell'ebullizione ha un'elasticità equivalente ad un'atmosfera o a 760 millimetri di mercurio. Questa proprietà del vapore acqueo è generale, e quando la pressione atmosferica è costantemente di 760^{mm}, la temperatura corrispondente a questa tensione massima è sempre di 100° centig.: che se la tensione fosse minore della pressione atmosferica, il vapore non potrebbe formarsi in bolle in mezzo alla massa dell'acqua. I liquidi si trasformano in vapore per ebollizione a temperature differenti di quella dell'acqua, e per conseguenza hanno delle tensioni differenti comparativamente a quella del vapor acqueo alla stessa temperatura. Dalton ritiene che stabilito il grado d'ebollizione d'un liquido, o la temperatura a cui il vapore che ne nasce ha per tensione massima 760^{mm} o un'atmosfera, per le altre temperature che si discostano al disopra o al disotto d'un tal punto, le tensioni

corrispondenti sono eguali a quelle del vapor acqueo a temperature che si discostano d'uno stesso numero di gradi da 100° centigr. Per lo che ammessa questa legge, colla Tavola rappresentante le tensioni massime del vapor acqueo, si avranno le tensioni massime del vapore d'un altro liquido per una data temperatura. L'alcoole, p. e., bolle a 78° centigr., ossia la sua tensione massima a questa temperatura è di 760^{mm} , mentre a questa tensione la temperatura del vapor acqueo è di 100° centigr; volendo quindi la tensione del vapor alcoolico a 60° , ossia a 18° sotto il suo punto d'ebullizione, si cercherà nella Tavola I la tensione massima corrispondente a $100^{\circ}-18^{\circ} = 82^{\circ}$, la quale essendo di 396^{mm} ,²⁵ tale sarebbe la tensione massima del vapore alcoolico a 60° centigr. Similmente si opererà per temperature superiori al grado di ebullizione. Con questa legge è facile trovare l'elasticità dell'etere solforico sapendo che bolle a 38° centigr., dell'olio di lino il cui punto d'ebullizione è a 316° , e degli altri liquidi di cui si conosca il calore cui entrano in ebullizione sotto la pressione di 760 millimetri. Dalle osservazioni fatte in seguito da altri Fisici risulta che la legge ammessa da Dalton sembra che non si verifichi rigorosamente; ed a distanze molto grandi dai punti d'ebullizione essa si allontana sensibilmente dal vero. Questa legge però potrà servire nel caso che bastino dei risultamenti approssimati.

Sulla densità del vapore di altri liquidi.

Le densità dei vapori degli altri liquidi si determinano con un metodo somigliante a quello con cui si sono trovate le densità

del vapor acqueo, e danno luogo a delle osservazioni analoghe: vale a dire che al massimo di tensione i vapori dei liquidi aumentano la loro densità a misura che s'innalza la loro temperatura. I liquidi rinchiusi in uno spazio determinato, si possono fare scomparire all'occhio coll'aumentare la loro temperatura, spandendosi uniformemente in quello spazio. Cagniard de la Tour ha mostrato questo fenomeno per l'alcoole, l'etere ed il solfuro di carbonio, nello stesso modo che aveva fatto coll'acqua (vedi pag. 170).

Sulla mescolanza dei vapori e dei gas.

A compiere le notizie che si sono date intorno ai vapori, ci resterebbe a dire delle leggi che seguono nella loro mistione. I liquidi che non hanno fra essi alcuna affinità chimica, possono bensì essere mescolati insieme, ma lasciati in riposo si separano e si dispongono secondo l'ordine delle loro gravità specifiche, nello stesso modo che l'olio si mette a galla e si separa dalle particelle dell'acqua con cui è mescolato. I fluidi aeriformi invece, quand'anche non esercitino fra loro un'azione chimica, non seguono però nelle loro mescolanze la legge delle loro densità come i liquidi. Quanto si è veduto aver luogo fra il vapor acqueo e l'aria, ossia fra un fluido aeriforme non permanente (vapore) ed uno permenente (gas), pare che si verifichi anche nelle mescolanze dei vapori fra loro, ed in generale il principio per la mescolanza dei fluidi aeriformi è il seguente: *introducendo in un medesimo spazio diversi fluidi aeriformi le cui molecole non hanno un'azione chimica, ciascuno si diffonde in quello spazio, e la tensione della mescolanza*

è eguale alla somma delle tensioni rispettive di ciascun fluido quando si trovasse solo. Questa verità si dimostra per due gas con un'esperienza diretta: si abbiano due globi congiunti pel loro collo, e le loro capacità separate per mezzo di una chiave pneumatica; si riempiano l'uno di gas acido carbonico e l'altro di gas flogogeno (idrogeno) alla stessa pressione, e si dispongano in modo che quello contenente il gas flogogeno sia rivolto in alto, e verso il basso l'altro che contiene il gas acido carbonico. Rivolgendo la chiave per istabilire la comunicazione fra i recipienti, i due gas si riuniscono, e la metà del flogogeno discende nel globo inferiore a malgrado del suo lieve peso specifico, mentre la metà dell'acido carbonico sale nel globo superiore, quantunque abbia maggiore densità. Cosicchè ciascun gas si estende nello spazio occupato dall'altro, obbedendo in tal modo alla sua forza espansiva per occupare tutto lo spazio che gli si presenta. Duplicando di volume ciascuno dei due gas prende una forza elastica eguale alla metà della primitiva; ma l'elasticità o la tensione totale rimane la medesima; vale a dire eguale alla somma delle tensioni parziali prese dai due gas. Gay-Lussac ha dimostrato questa verità, anche per la mescolanza dell'aria col vapor acqueo mediante un'esperienza diretta; come pure per la mescolanza del vapor alcoolico col vapor acqueo (Biot. *Traité*, ec., tomo I, pag. 298). La stessa legge si applica alle mescolanze del vapor dell'alcoole con quello dell'etere e forse per tutti i vapori che non esercitano fra loro un'azione chimica da produrre una combinazione, o almeno che

nello stato liquido si uniscono in combinazioni sì deboli da sciogliersi alla temperatura di 100° centigrado. Non si hanno ancora dei fatti che dimostrano verificarsi in quest'ultimo caso una tale legge anche per temperature più basse.

A questi risultamenti sembrano opporsi i fatti che si riferiscono al §171 e nella nota relativa. Cosicchè è mestieri conchiudere che qualche circostanza particolare influisca nella *Grotta del cane* e nella *Valle avvelenata* a dissipare ad una certa altezza il gas acido carbonico, come potrebbe essere l'agitazione dell'aria o la contiguità degli strati atmosferici contigui, nei quali il gas medesimo si diffonde tosto in virtù della legge annunziata; il che non può aver luogo nelle parti inferiori dove le esalazioni si trovano rinchiusse fra i corpi solidi che ne circoscrivono lo spazio; oppure che la forza espansiva del gas, che si sviluppa dal fondo di que' luoghi, venisse in certa qual maniera ad essere contrabbilanciata dal peso del gas sovrastante.

CAPO IV. — DELLA TEMPERATURA DELL'ATMOSFERA.

Considerando, come da noi si fa, lo stato dell'atmosfera, non si può fare a meno di cercare l'azione ch'esercita la luce e 'l calorico su di essa, indagando quale sia la sua temperatura e in quei punti in cui riposa sulla superficie della terra, o nelle varie elevazioni al disopra, e se una sì fatta temperatura nel variare sia sottoposta a qualche legge.

185. Sebbene a prima vista possa ad alcuno venire in mente

che la temperatura atmosferica debba provenire dall'azione diretta de' raggi solari; pure non è così. Poichè i raggi traversando l'aria ch'è diafana, non la riscaldano; ed ove estinti sono da' vapori, o negli strati molto densi dell'aria, possono eccitare in questa qualche calore, ma non mai alzarla sensibilmente di temperatura. L'azione del sole, ch'è molto gagliarda, non si esercita che sulla terra, e da questa viene l'aria soprastante a ricever calore e ad acquistare la sua temperatura. Di fatto è un'osservazione costante che la terra gradatamente riscaldata in tempo di state si va gradatamente raffreddando nell'inverno. Per lo che alla distanza di pochi piedi dalla sua superficie è più calda nell'inverno, che non è l'aria; e questo eccesso dura sino ad aprile, tempo in cui all'inverso l'aria comincia ad esser più calda della terra. Ma nella state la superficie della terra è riscaldata dai raggi solari, e 'l calorico che riceve è da essa tramandato all'ingiù per poi comunicarlo all'aria nell'inverno. È questa la ragione per cui ne' luoghi sotterranei, che sono a gran profondità, si mantiene costante presso a poco la temperatura, e per cui la neve, che riceve calorico dalla terra, si disgela in molti paesi prima sotto che sopra. La terra adunque è quella che compartisce calore all'atmosfera, e raccogliendolo nella state viene a comunicarlo nell'inverno. Però suole non di rado avvenire che alle stati piovose succedono degl'inverni assai freddi; giacchè la terra viene a cagion delle piogge a perdere quella quantità di calore che dovea all'aria somministrare nel tempo d'inverno.

186. Il sole adunque è la sorgente del calore della terra, e

questa è la sorgente principale del calore dell'atmosfera. E come il sole non riscalda egualmente i punti della terra; così viene ad esser varia la temperatura dell'aria che riposa sopra i varj punti del globo; e ne' paesi abitati si ha un'aria più o meno calda, più o meno temperata, più o meno fredda, e nascono i varj climi. Per lo che quando si cerca la temperatura dell'atmosfera sulla superficie della terra, altro non si cerca che la temperatura della terra; e determinare il clima di un paese, altro non importa che determinare l'azione del sole sopra un dato punto del globo. E come la rivoluzione apparente del sole è annua; così le nostre ricerche principalmente mirano a ritrovare la quantità del calore che il sole comunica a' varj punti della terra in un anno. E quindi una sì fatta quantità annuale di calore che va decrescendo dall'equatore ai poli della terra; e di sì fatte quantità annue di calore, corrispondenti a' varj punti del globo, si cercano i rapporti, ed ove si può, la legge che tra loro le connette. Ed è la quantità annua di calore corrispondente a' varj punti del globo, che ripartita in diversi modi alle varie parti o mesi dell'anno, forma le diverse stagioni in punti diversi del globo.

187. Essendo il sole la principale sorgente del calore annuale de' diversi punti della terra, e questa del calore annuale de' diversi punti dell'atmosfera che riposa sulla superficie del globo, dobbiamo prima di ogni altro rivolgere le nostre ricerche intorno all'azione che proviene da' raggi solari. Non vi ha dubbio che la loro influenza cresce o manca secondo ch'essi vengono perpendicolari e più o meno obbliquamente sulla terra. Si deve quindi

più di ogni altro attendere all'altezza meridiana del sole; perciocchè quest'altezza determina la durata del sole sopra l'orizzonte, o la grandezza degli archi semidiurni, la lunghezza o la trasparenza di quella porzione dell'atmosfera che i raggi traversano avanti di giungere all'orizzonte, la quantità de' raggi assorbiti che cresce rapidamente quando l'angolo d'incidenza calcolato dal livello della superficie si accresce, e 'l numero de' raggi solari che tale o tal altro orizzonte abbraccia. Nè è da trascurarsi oltre a ciò lo splendor della luce, o sia la sua azione diretta che nasce dal suo splendore, e produce l'effetto che chiamasi fotometrico. Questo effetto si può ravvisare sopra di ogni altro, quando l'aria è secca e pura, nel parenchima più o meno colorato delle foglie delle frutta, e in generale nella vegetazione, che può essere ritardata o più o meno accelerata, secondo che il cielo è nuvoloso o sereno, o pur secondo che la superficie della terra per alcuni giorni riceve una luce sparpagliata e diffusa, o è colpita da' raggi diretti del sole. Basta ad apprezzare il valore di sì fatte considerazioni fotometriche il ricordare che un miscuglio di cloro ed idrogeno, che non prova alcuna alterazione nella oscurità, scoppia quando è esposto all'azione diretta de' raggi solari. Indi i fisici mettono ancora in computo l'effetto fotometrico de' raggi solari; ed Arago rivolgendosi all'osservazione di questo effetto, ritrovò che a Parigi varia assai poco nel mese di agosto da mezzogiorno alle tre della sera, non ostante il cangiamento nella lunghezza del cammino che fanno i raggi traversando l'atmosfera. Dal che si vede la relazione che passa tra l'influenza del sole e

l'umidità dell'aria, e lo stato in generale dell'evaporazione.

188. Determinata l'azione solare, si può riconoscere quella quantità di calore che la terra somministra all'aria ambiente. È solo da avvertire che quando si parla di sì fatto calore, non s'intende quello che proviene da' raggi riflessi dalla superficie della terra. Questa luce riflessa, che, giusta l'esperienze dell'Arago, è presso a poco la medesima in quantità dalla incidenza perpendicolare sino a 20° in distanza dallo zenit, è diretta a riscaldare l'aria, che divenuta più leggiera si alza in colonne su nell'atmosfera. Nè tampoco si parla di quel calore che raggia la superficie della terra anche nella stagione estiva in tempo di notte ed al ciel sereno. Poichè sebbene dagli effetti di questo calore ha saputo il Prevost ricavare per approssimazione la misura dell'azione diretta solare (*Du calorique rayonnant par Prevost*, 1809, pag. 271–292); pure la sua quantità dipende sopra di ogni altro dalla serenità del cielo. Si parla adunque di quel calore che si riconosce dalle sorgenti sotterranee, e dalla temperatura de' luoghi che sono a gran profondità, e che, per quanto ci è sinora noto, si mantiene invariabile, ed è poco differente dal calore medio annuale dell'atmosfera. L'azione di questo calore, ch'è tanto necessaria alla vegetazione, non può divenire sensibile nell'aria se non in quei luoghi in cui la superficie non si copre di neve, e ne' soli mesi ne' quali la temperatura media è al disotto di quella dell'anno intero. Poichè la neve impedisce che il calore si propaghi nell'aria, e la differenza tra la temperatura di quei mesi e quella della terra, ch'è, come si è detto, presso a poco eguale alla

temperatura media annuale, ne sospinge e favorisce l'irradiazione. Però nella Francia e nell'Italia meridionale ed anche in Sicilia il raggiar della terra può aver luogo, ed operare sull'atmosfera ne' mesi che precedono quello di aprile.

189. Queste considerazioni mirano in verità a sciogliere il problema della distribuzione del calore alla superficie del globo di una maniera molto generale, giacchè non mettono in computo le altre circostanze accessorie delle località. Vi hanno per certo altre cause che ajutano o modificano l'influenza del sole, e di quelle almeno che provengono dall'azione mediata ed indiretta della luce solare, e dalla costituzione particolare del suolo, che fanno con buona ragione distinguere il clima *solare* dal clima *reale*. Tra queste è in prima da notarsi la distinzione tra terra ed acqua. Poichè è già noto che l'acqua e la terra non sono fornite di una capacità eguale per assorbire il calorico, e mentre quella ne assorbe di più ne raggia di meno. Di modo che esposta la terra all'azione delle medesime cause di calore o di freddo, si riscalda o raffredda più in tempi eguali, che non fa l'acqua. Però il ghiaccio, là dove l'acqua de' fiumi o de' mari gela, si forma primo vicino le rive del fiume e sulle coste del mare. Le acque oltre a ciò a cagione della loro trasparenza lasciano passare i raggi solari dalla superficie al fondo, dove estinguendosi producono calore. Anzi la superficie delle acque, essendo esposta di continuo all'evaporazione, suol essere più fredda. Indi è che trovandosi nell'inverno l'acqua del fondo più calda, si alza su, come specificamente più leggiera, e tempera il freddo della superficie. Di

fatto nelle burrasche di mare, in cui le acque del fondo si rimescolano con quelle della superficie, il mare, ancorchè sia tempo di forte inverno, si trova caldo. È finalmente da osservare che i mari sono conserve di un calore poco variabile, giacchè la latitudine tra il loro *maximum* e *minimum* di calore è meno estesa di quella dell'aria. A comprender ciò è da riflettere che una gran massa di acque non può se non lentissimamente pigliare e seguire i cangiamenti della temperatura dell'aria, e le temperature di questa e di quelle non si possono trovare corrispondenti ed uniformi. Viene da ciò che la temperatura dell'aria si trova già di essere declinata dal suo *maximum*, prima che quella de' mari giunga al suo massimo aumento di calore; e però le acque del mare sentendo l'influenza del diminuito calore dell'aria, non possono elevarsi a quell'alto grado di temperatura cui avrebbero dovuto pervenire. Per la stessa ragione il *minimum* di temperatura dell'aria precedendo l'altro delle acque del mare, quello non potrà scendere, per l'influenza dell'accresciuta temperatura dell'aria, a quel punto di abbassamento cui avrebbe dovuto giungere. Ora il mare e i fiumi essendo più caldi in inverno e meno nella state, che non sono le terre e i continenti, chiunque si persuade che questa differenza influisce sulla temperatura dell'atmosfera, e sulla qualità de' climi. È un'osservazione in fatti costante, che tutti i paesi delle coste godono degl'inverni e delle stati più miti, che non hanno quelli dell'interno; che i mari interposti alle terre rendono i climi più dolci; che le terre che sporgono lungo i mari godono di un cielo più benigno di quello si

conviene alla loro latitudine; e che per mancanza di mari alcuni paesi nell'interno dell'Asia e dell'Africa sono disadatti all'abitazione.

190. Oltre alle acque che influiscono sulla temperatura dell'atmosfera, sono da considerarsi il colore e la natura geognostica del terreno: perchè secondo che questa e quello varia, la terra assorbe più o meno, e più o meno raggia il calore, e ciascuna che le pietre e le arene si raffreddano e si riscaldano assai e con prestezza. È questa la ragione per cui le città in generale sono più calde nella state delle campagne, e si spiegano così i caldi violenti dell'Arabia e dell'Africa, e 'l freddo della Terra del fuoco, e di altri paesi che abbondano di sassi. L'altezza in fine di un paese e i monti concorrono del pari a modificare la temperatura e 'l clima. Poichè i monti che sono scoscesi e perpendicolari, come quelli che meno comunicano colla massa della terra, sono per lo più freddi; e quelli al contrario che hanno una declività insensibile e sono di grand'estensione, sono meno freddi, e ciò secondo la minore o maggiore elevazione. Ed in generale l'aria che posa su i fianchi de' monti suol essere più calda di quella che allo stesso livello sovrasta alle pianure, perchè i monti ritengono sempre del calorico. Indi è che l'aria che poggia sui monti, come più calda, si eleva, ed a restituire l'equilibrio una corrente d'aria si muove dall'atmosfera verso de' monti. Per questo avviene, massime in autunno, che le nubi, movendosi l'aria in cui galleggiano verso i monti, pajono essere da questi attirate.

191. Per la mobilità dell'oceano aereo tutte le influenze calorifiche si propagano a gran distanze, e i venti che rimescolano le temperature di più latitudini alterano e modificano i climi. Vicino a' cerchi polari i rigori dell'inverno sono addolciti dalle correnti d'aria calda che vengono dall'equatore; e i venti che passano a traverso del mare, o lungo le nevi de' monti, o sopra de' paesi boschivi, rinfrescano la temperatura di quei paesi che situati sono eziandio vicino all'equatore. In questo senso la direzione delle catene de' monti impedendo l'azione de' venti, o alterando il loro calore, può anche influire a modificare ne' diversi punti della terra la temperatura dell'atmosfera. Secondo la quantità in somma de' continenti e de' mari che sono posti nelle diverse zone in cui è divisa la terra, viene a risultare diverso l'annuale medio calore dei climi, e in diversi modi ad alterarsi quello che sarebbe conveniente all'azione del sole e alla latitudine de' punti diversi del globo.

192. Ma senza più dilungarci enumerando ad una ad una tutte le cause che possono influire, ci basta il dire che l'evaporazione e l'addensamento dei vapori è, siccome è noto, cagione di freddo e di caldo; e la quantità delle piogge, le nevi che ricoprono nell'inverno il suolo, i ghiacci che si distaccano dai poli, il prolungamento delle terre verso i poli, l'altezza de' luoghi, la riflessione della luce nella state, le nebbie e i nugoli, la produzione del calore nell'interno de' corpi, il calore che si svolge all'istante in cui un liquido bagna un solido e l'acqua tocca la terra o le sostanze vegetabili (Vedi la *Memoria* di Pouillet nel tomo XX degli

Annali di Fisica e Chimica), il raggiamento notturno verso un cielo più o meno sereno, la tensione elettrica de' vapori, il neutralizzarsi delle due elettricità, la pressione variabile dell'atmosfera, e tant'altre cause concorrono insieme, con tutte le altre che sono state già accennate, a stabilire il carattere di un clima, e la distribuzione del calore ne' varj punti della terra e dell'atmosfera che riposa sulla superficie della terra⁶¹.

⁶¹Per leggere con profitto questo *capo* dell'Autore, in cui tratta del calore dell'atmosfera e quindi di quello della terra, e della maniera con cui il calorico è distribuito sul globo terracqueo, è d'uopo riferire le idee, che in esso si sviluppano, a diversi punti cardinali. Primieramente bisogna apprendere il modo di determinare la temperatura media dei giorni, dei mesi, delle stagioni e degli anni, per potere stabilire la temperatura media d'un luogo, importando anche di tener conto delle temperature estreme e del clima del medesimo. In generale si raccoglieranno tutti i dati che servono a determinare la *temperatura dall'aria alla superficie del suolo*; dove si troveranno luoghi che hanno l'egual calore; e quindi l'andamento delle *linee isotermitiche*. Poscia si passerà a riavvicinare tutte le notizie che tendono a far conoscere *la temperatura a differenti profondità sotto il suolo*, e si vedrà l'esistenza d'uno *strato invariabile* situato ad una certa profondità sotto al suolo, e in cui la temperatura rimane costante. Si raccoglieranno così facilmente tutte le dottrine e i fatti con cui si mostra il movimento del

193. Egli è chiaro dopo ciò, che tutti quei che colla teorica si son posti a calcolare l'azione immediata de' raggi solari, non hanno cercato di stabilire che una sola parte dell'effetto totale. Mayer, che si accorse di ciò, si rivolse agl'insegnamenti delle osservazioni per potere esprimere l'azione solare congiunta a

calore al disopra dello strato invariabile, e le osservazioni che si hanno sul calore a grandi profondità. Le osservazioni relative *alla temperatura a diverse altezze sopra il suolo* devono richiamare in seguito l'attenzione, per dedurre pur qualche legge con cui diminuisce la temperatura coll'elevazione, indicando le cagioni più probabili per le quali regna il freddo sulle montagne e nelle regioni elevate dell'atmosfera, e il limite delle nevi perpetue sui diversi continenti del globo. Le indagini *sulla temperatura delle acque giacenti sul suolo* sieno indi il soggetto da contemplarsi, cercando di dare la spiegazione delle cause che concorrono nelle diverse circostanze alla formazione del ghiaccio, e a rendere più o meno calde le acque delle sorgenti, dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e dei mari. A questi capi riferendo tutte le notizie dell'Autore, il lettore potrà trarre un vero profitto dalle cognizioni che egli va sviluppando, prendere un'idea del modo con cui è distribuito e si equilibra il calorico sulla terra e nell'atmosfera, riconoscendone per principal sorgente il sole. — *Gli Editori.*

quella di tante altre circostanze straniere. Trasse quindi dalle osservazioni delle leggi empiriche, ossia de' coefficienti, che racchiudendo l'influenza di tutte le circostanze, atti fossero a determinare il calore medio. Pose egli adunque che il calore varia alla superficie della terra, come il quadrato del seno della latitudine; e considerando la temperatura di $58^{\circ} F.$ come la media nel parallelo di $45^{\circ} N.$, e $26^{\circ} F.$ la quantità, di cui la temperatura media all'equatore sorpassa quella di 45° , venne ad esprimere la temperatura T di un luogo la cui latitudine è nota, dicendo $T = 58^{\circ} + 26\cos^2\text{lat.}$; e così recò innanzi una espressione generale della temperatura media corrispondente ad ogni latitudine. Ma l'Humboldt ha dimostrato, per mezzo di una gran copia di osservazioni, che questa formola riesce inesatta, e tanto più che non tiene alcun conto delle longitudini.

Kirwan, ricco com'era di una gran copia di osservazioni, imprese un sentiero novello. Scelse nella vasta estensione de' mari alcuni luoghi la cui temperatura non cangia che per cause permanenti, e quella porzione in particolare dell'Oceano pacifico che va da 40° sud a 45° nord, e la parte dell'Oceano atlantico, ch'è compresa tra i paralleli di 45° e 80° , che dalle coste d'Inghilterra si estende sino al Gulf-Stream. Molta fu la fatica ch'egli durò per determinare mese per mese la temperatura media di questi mari a differenti gradi di latitudine; e servendosi poi di sì fatte medie temperature come di modello, comparò a queste le temperature medie ricavate dall'osservazione sulla parte solida del globo terrestre. Ciascun vede che con questo metodo mirava

egli a discernere ne' climi l'effetto totale delle influenze calorifiche da quello che proviene dall'azione immediata del sole sopra un punto del globo. Poichè considerando il Kirwan da prima la terra come coperta di uno strato d'acqua densissima, metteva di poi in confronto le temperature di quest'acqua a differenti latitudini con quelle che si osservano alla superficie de' continenti sparsi di monti e prolungati verso i poli.

194. Questo metodo, per quanto fosse stato pregevole, era pieno di falli. Perchè non potendosi cavare da esperienze dirette mese per mese e parallelo per parallelo le temperature medie dell'Oceano, queste furon da lui ritratte in qualche parte dalle osservazioni de' viaggiatori, e per lo più dalla teorica del Mayer in alcun modo corretta. Tenne in fatti egli per certo che la media temperatura dipendente dall'azione solare per un dato mese è come il seno della media altezza del sole nel mese medesimo; e con questo principio calcolò più temperature, alcune delle quali fu poi costretto a correggere, perchè mal si confaceano colle osservazioni. Aggiungasi che non di rado dovette confondere l'esperienze fatte sul calor dell'Oceano colle indicazioni delle temperature dell'aria che riposa sul mare e sulle coste. Per lo che incerta, difettosa e contaminata d'ipotesi riuscì la tavola della temperatura dell'Oceano, che dovea servire di modello per istituire il paragone con quella dell'interior della terra, ch'era fornita solamente dalle osservazioni. Non è quindi da maravigliare se non poche determinazioni del Kirwan siensi ritrovate discordi dalle ulteriori e più esatte osservazioni che sono state istituite ne'

tempi posteriori.

Ciò non pertanto valse la fatica del Kirwan a somministrarci qualche lume intorno alla temperatura atmosferica. Si conobbe che il *minimum* di calore suole aver luogo in un giorno verso lo spuntar del sole, e 'l *maximum* dopo mezzogiorno, e tanto più dopo il mezzodì, quanto più cresce la latitudine. Si seppe del pari che il *maximum* e 'l *minimum* di calore dell'anno non avviene al solstizio di state o d'inverno, ma il massimo caldo secondo le diverse latitudini ha luogo in luglio ed agosto, e 'l massimo freddo dopo dicembre. E però si stabilì a canone generale, che gli effetti delle cause naturali che operano a poco a poco e gradatamente sopra una grande estensione, riescono a noi sensibili dopo che queste hanno già operato; di sorte che il principio, il massimo e 'l minimo del calore, ch'è un effetto, fassi sempre posteriore al principio, al massimo, al minimo dell'azione della causa che è il sole⁶². Ma queste ed altre simili conoscenze, che

⁶²L'irradiazione è la causa per cui l'effetto massimo e minimo di calore sulla terra succede sempre posteriormente all'epoca in cui l'azione del sole è massima e minima. Incominciando da gennajo, ch'è d'ordinario fra noi il mese più freddo, al levarsi del sole e nei giorni sereni, l'aria e il suolo ricevono da quest'astro una quantità di calorico che compensa quello disperso per irradamento. Questa compensazione va crescendo in generale a misura che aumenta il tempo in cui il sole splende sull'orizzonte; poichè per la temperatura bassa

furono dal Kirwan recate, sospinsero l'Humboldt a imprendere la via tanto più soda quanto più laboriosa dell'osservazione per potersi determinare la distribuzione del calore sulla terra, e la temperatura dell'atmosfera sulla superficie del globo.

195. È da sapere che la media temperatura annuale risulta da quella de' mesi, e questa dalla media di ciascun giorno. Ma per ottener con esattezza la temperatura media di un giorno sono da scegliersi le ore più adatte alle osservazioni, quali sono lo spuntar del sole, e ne' nostri climi forse le due dopo mezzogiorno; giacchè quella e questa si reputano le ore della minima e massima temperatura. A queste due osservazioni si suole aggiungere la terza, che fassi da alcuni al tramontar del sole, e negli osservatorj a mezzogiorno. Quando oltre le due osservazioni del *maximum* e *minimum*, si ha una terza, per ottener la vera media è da tenersi

cui si trova la terra, il calorico irradiato da questa risulta minore di quello che le viene comunicato dal sole. Questa differenza in più va aumentando sino al mese di luglio e d'agosto, trascorso il solstizio estivo; finchè l'irradiamento, pel gran calore acquistato dalla terra, giunge al suo massimo, e la perdita che si fa in virtù di esso supera la quantità di calorico che questa riceve dal sole; cosicchè da quel punto incomincia la temperatura a diminuirsi sino a divenire minima, per la stessa ragione, oltre il tempo del solstizio jemale. — *Gli Editori.*

conto della durata delle temperature parziali, e non dividersi, come fassi comunemente, la somma delle osservazioni per tre; giacchè ne verrebbe a risultare un errore più o meno grave. Di fatto sia la prima osservazione alle 4 della mattina 8° , la seconda alle 2 dopo mezzogiorno 13° , e la terza alle 11 della sera 10° : per cavarsi da tali osservazioni la vera media, è da prendersi prima la media di 8° e 13° , ossia $10^{\circ},5$, che moltiplicata per dieci ore d'intervallo forma 105° ; di poi la media tra 13° e 10° ossia $11^{\circ},5$, che per nove ore dà 103° ; e la media in fine di 10° e 8° , ossia 9° , che per cinque ore risulta 45° . Dopo di che sommando 105° , 103° e 45° , e dividendo la somma per 24 ore si ottiene la vera media $10^{\circ},5$. Che se ci piacesse di sommare le tre osservazioni 8° , 13° , 10° , e dividerne la somma, come fassi comunemente, per 3, si avrebbe la media $10^{\circ},3$, ch'è inesatta⁶³.

⁶³La temperatura media d'un giorno è quella che si otterrebbe sommando assieme le osservazioni di ogni istante della giornata, e dividendone la somma pel numero degli istanti medesimi. Per giungere a tale scopo, senza moltiplicare oltre misura le osservazioni, si sono proposti due metodi, i quali furono verificati dall'esperienza confrontando i risultamenti che si ottengono per mezzo di essi, con quelli che si hanno da osservazioni istituite ad intervalli di tempo, i quali, per la lentezza con cui succedono le variazioni termometriche, si possono considerare come gl'istanti che danno la vera me-

196. D'ordinario si suol pigliare la semisomma delle temperature massima e minima per aver la media. In questo modo, essendo le due temperature estreme nell'esempio addotto 8° e 13° , riuscirebbe la media $10^{\circ},5$. Ma in verità, così facendo, si viene solo a pigliare la temperatura media tra lo spuntar del sole e due ore dopo mezzodì, o almeno si suppone tacitamente che la temperatura media è la stessa da due ore dopo mezzodì sino al nuovo spuntar del giorno. Ciò non pertanto l'esperienza ha provato che le temperature medie dell'anno, le quali si traggono da due o pure da tre osservazioni per giorno, non differiscono sensibilmente, se l'osservazione intermedia è distante di 4 o 5 ore dalle osservazioni del *maximum* e del *minimum*. In difetto quindi del calcolo per la durata delle temperature intermedie si suol preferire il metodo delle due osservazioni di temperatura estrema⁶⁴.

dia. Questi metodi sono quelli indicati dall'Autore. — *Gli Editori.*

⁶⁴Dei due metodi indicati per avere la temperatura media di una giornata nel corso di 24 ore, quello di prendere la media della massima e della minima avute durante l'intervallo di tempo medesimo, è forse da preferirsi all'altro. Ad ogni modo, quando si tratta di mettere a confronto il grado di calore di diversi luoghi del globo, sarebbe importante che le temperature medie si determinassero collo stesso metodo. In Mantova, nel periodo di quattro anni, la media in ciascuno dei

197. Non di rado accade che si osserva una sola volta per giorno in quella ora che nelle differenti stagioni si è veduto per prova corrispondere alla temperatura media del giorno. Alcuni credono che quest'ora sia quella di mezzodì; ma Arago avendo

medesimi calcolata col secondo metodo, risultò espressa nella scala del termometro ottantigrado, come segue:

	Media	
Nell'anno	1827	+10°, 83
	1828	+11,67
	1829	+10,27
	1830	+10,12.

Per Mantova quindi si può ritenere che, secondo le osservazioni istituite fino a quell'epoca, la temperatura media è di 10°,72 del termometro ottantigrado. La temperatura massima e minima che si ebbe in ciascun anno di quel periodo di tempo, si è trovata, espressa in gradi ottantigrado,

	Massima	Minima
Nell'anno	1827	+27°,0 -7°,0
	1828	+28,3 -4,7
	1829	+29,1 -8,4
	1830	+29,1 -10,6.

Prendendo la media di queste temperature, si ha per risultato 10°,35, che si approssima molto a quella desunta dalle medie giornaliere, mensuali ed annuali. — *Gli Editori.*

esaminato le osservazioni del mezzogiorno, ha trovato che queste danno per Parigi 3° di più, che la temperatura media dell'anno intero. Solamente si conosce che una sì fatta differenza giunge appena ad 1° nelle alte montagne della zona temperata, com'è all'ospizio di S. Gottardo. Humboldt di più si accorse che tra i paralleli di 46° e 48° l'osservazione del tramonto del sole somministra la temperatura media, colla differenza di pochi decimi di grado. I Ginevrini han trovato che nel parallelo di $46^{\circ}12'$ all'altezza di 200 tese sul livello del mare si ottiene una temperatura vicinissima alla media di 24 ore per una sola osservazione alle 8 della mattina.

198. Si vede dal sinora discorso quanto conferiscono alla determinazione della temperatura media la scelta delle ore delle osservazioni, e 'l metodo di calcolarle. Ma stabilite le medie giornaliere, si calcola la media di 10 in 10 giorni per aver la media del mese, e quindi dell'anno. Fu solamente Brandes da Breslavia che sostenne la fatica di calcolare le medie di cinque in cinque giorni per scoprire l'andamento del calore o progressivo o retrogrado o stazionario. Il che riuscirebbe pressochè impossibile per una gran copia di osservazioni istituite in luoghi varj e molteplici e lontani. Finalmente non è da tacere che debba segnarsi l'altezza in cui è posto il luogo delle osservazioni, sopra il livello del mare, che gradatamente influisce sulla temperatura. E però per potersi mettere in confronto le temperature medie debbono pigliarsi in luoghi che sono a livello del mare, o pure ridursi.

199. Con tutte queste precauzioni venne Humboldt raccogliendo una copia immensa di osservazioni sulle temperature medie, e poi le pose a confronto ed espresse sotto una forma generale. Niente egli riguardando alle cose già poste dal Kirwan, segnò di 10° in 10° di latitudine quei luoghi che, stando al livello del mare sulla superficie della terra, hanno la medesima temperatura media annuale, e li unì per linee, ch'egli chiama *isotermiche*, o sia di egual calore. Vide che queste linee non sono parallele tra loro nè all'equatore, ma che si avvicinano a un sì fatto parallelismo quanto più si accostano alla zona torrida; e che fornite essendo di molteplici ed irregolari flessuosità, mostrano l'irregolare variazione della temperatura atmosferica sulla superficie della terra, a cagione non solo della latitudine, ma eziandio della longitudine. E come intento egli era a determinare la distribuzione del calore sul globo; così si accorse che il calore si ripartisce diversamente nelle diverse parti dell'anno, non solo per la diminuzione delle temperature medie annuali, ma anche sopra una medesima linea isotermica. Venne quindi esaminando per una medesima linea isotermica la temperatura media delle stagioni, e guidò le bande o linee *isochimeniche* di egual temperatura d'inverno, che si allontanano più da' paralleli terrestri, che non fanno le isotermiche, e intorno a queste vanno oscillando in tal modo che giungono a tagliare delle linee isotermiche che differiscono di 5° . Guidò del pari le linee *isoteriche* o di eguale state, che sieguono una direzione esattamente contraria a quella delle curve di eguale inverno. E per mezzo della differenza di queste linee

accade, a parere di lui, che si riuniscono talvolta in un paese le stagioni di state e d'inverno, che si appartengono a climi diversi. Alla Nuova Yorck si ha la state di Roma e l'inverno di Copenaghen, ed al Quebec la state di Parigi e l'inverno di Pietroburgo. Per la qual cosa quando si riguardano i climi rispetto alla cultura de' vegetabili, bisogna sopra di ogni altro stabilire la temperatura media della state, quella del mese più caldo, e l'altra del mese più freddo; giacchè tra gli alberi fruttiferi e le piante coltivate ci hanno di quei che, poco sensibili ai rigori dell'inverno, vogliono delle stati caldissime, ma poco lunghe; altre delle stati più lunghe che calde; ed altre, indifferenti al calore della state, non vagliono a sostenere i gran freddi dell'inverno.

200. Dopo aver discusso la ripartizione del calore tra l'inverno e la state in una medesima linea isotermica, si fece a cercare i rapporti tra le temperature medie dell'inverno e della primavera, e quelle dell'anno intero e 'l mese più caldo; e da un sì fatto esame ricavò egli che dal parallelo di Roma sino a quello di Stokolm, o sia tra le linee isoterliche di 16° e 5° , la differenza del mese di aprile e di maggio è per tutto di 6° o 7° , e tra i mesi che a questi succedono, niuno ci dà a vedere l'accrescimento più rapido di temperatura di quello di aprile e maggio; ma l'accrescimento della temperatura di primavera è piccolo appena di 4° , ed egualmente prolungato in una medesima linea isotermica, là dove regna il clima delle isole. Venne di più stabilendo che nella curva della temperatura annuale la primavera e l'autunno indicano il passaggio del *minimum* e del *maximum*, e che il decrescere

della temperatura annuale è meno rapido dell'aumento in primavera; perchè la superficie della terra giunge al *maximum* di calore più tardi dell'atmosfera, e la terra perde lentamente in autunno per via di raggiamento il calore che ha acquistato. Mostrò in fine che vi hanno due giorni in un anno (o meglio due decadi) in cui la temperatura media eguaglia quella dell'anno intero. La temperatura media dell'anno si trova a Buda dai 15 ai 20 aprile, e da 15 a 25 ottobre; ed in Milano da 10 a 15 aprile, e da 18 a 25 ottobre. Anzi per una tavola di confronto diede a conoscere che sino alla banda isotermica di 2° la temperatura di ottobre coincide presso a poco con quella dell'anno, e non è il mese di aprile, come avea affermato il Kirwan, che si avvicina il più delle volte alla temperatura annuale. Molte altre cose per lo innanzi ignote e non ben dimostrate seppe l'Humboldt dichiarare rannodando un immenso numero di osservazioni, e coll'ajuto delle linee isotermitiche, che meglio si possono veder dichiarate nella sua Memoria sulle *linee isotermitiche*, tomo III della Società di Arcueil.

201. Queste belle fatiche dell'Humboldt hanno sospinto i fisici a novelle ricerche; e Brewster veggendo che non si potea accordare la formola del Mayer colle osservazioni dell'Humboldt, ha sostituito in quella il coseno semplice della latitudine, o sia la proporzione de' raggi di ciascun parallelo. Pose in fatti con Humboldt la temperatura media sotto l'equatore $81^{\circ}\frac{1}{2} F$, e determinò la temperatura T di una latitudine dicendo $T = 81^{\circ}\frac{1}{2} \cos \text{lat}$. E per dimostrarne la verità applicò la sua formola prima a 30 luoghi compresi tra l'equatore e il parallelo di 70° , e ne diede

a vedere la conformità tra le temperature calcolate ed osservate. La comparò di poi alle temperature medie del 30, 40, 50, 60^{mo} grado ricavate dall'Humboldt, ed all'altre ritratte dallo Scoresby pel grado 76,45, e 78, e ne mostrò del pari la corrispondenza (V. *Bibliot. univer.* tomo XVII, pag. 263–65).

202. Avea l'Humboldt dimostrato il primo, contro la comune opinione, che nel solo equatore ritrovasi eguaglianza di temperatura media in ciascuno de' paralleli corrispondenti, tanto nell'antico che novello mondo; ma che questa dicresce più presto dal sud al nord sia in America sia in Asia, che in Europa, facendo egli palese che la differenza delle temperature in Europa ed in America è presso 4°F. sotto il parallelo 30^{mo}, di 9° sotto quello 40^{mo}, di 13° sotto quello 50^{mo}, e che la differenza giunge a 17° sotto il parallelo di 60°. Però il Brewster fu costretto a modificare la sua formola per l'America settentrionale, perchè fosse d'accordo colle osservazioni, e la ridusse a: $81^{\circ}\frac{1}{2} F.\cos^2 \text{lat.} \times 1,13$, modificazione che si crede puramente empirica.

203. Non ostante tante fatiche siamo ancora incerti sui rapporti esatti del calore sul globo. La temperatura media dell'equatore, ch'era stata definita dal Kirwan 28°,8 C., fu ridotta dall'Humboldt a 27°,5 C., e dal Brewster nelle sue formole climateriche (pubblicate nel *Giornale delle Scienze di Edimburgo per l'anno 1826*) a 28°,2 C., e dall'Atkinson a 29°,2 C. E come quest'ultimo in una Memoria *sulle refrazioni astronomiche*, registrata nel vol. II della Società di Astronomia, procura di cavare per

mezzo di un calcolo ingegnoso la temperatura di $29^{\circ},2$ dalle osservazioni dello stesso Humboldt; così questi rispose con una nota (tomo XXXVI degli *Annali di Chimica e Fisica*, pag. 29), rassodando la sua determinazione $27^{\circ},5$. Per lo che ancor dubbj siamo sul valore certo ed esatto della temperatura media all'equatore. Humboldt riferendo alla temperatura media dell'equatore, che avea posto $27^{\circ},5$ C., quella del parallelo di 45° e di 55° , affermò che nelle nostre regioni la prima era la metà, e la seconda un terzo della temperatura equatoriale, ed esprime così in maniera generale i rapporti aritmetici tra questo calore e l'altro di quei paralleli.

Dopo aver esposto lo stato delle nostre cognizioni in riguardo alla temperatura atmosferica sulla superficie della terra, ci resta ora a sapere quali sieno le variazioni di temperatura nelle regioni elevate dell'atmosfera.

204. Essendo l'atmosfera un fluido elastico e trasparente che circonda la terra, viene da sè che la temperatura in essa debba decrescere ad altezze diverse; perciocchè l'aria riscaldata alla superficie del globo si eleva, si dilata e si raffredda. Questo raffreddamento avviene in prima e principalmente per la dilatazione che produce, siccome oggi è noto, un aumento di capacità pel calorico, ed in secondo per un raggiamento che fassi più abbondante e più libero a traverso degli altri strati aerei che sono egualmente rarefatti. Son quindi le correnti ascendenti e discendenti dell'aria che mantengono decrescente la temperatura dell'atmosfera.

205. In corrispondenza a questi principj, nello stato attuale

del nostro pianeta il raffreddamento o in generale la temperatura delle alte regioni dell'atmosfera dipende, giusta Humboldt: 1.° dalla distanza verticale più o meno grande dagli strati d'aria che stansi alla superficie de' piani, o dell'Oceano, o, in altri termini, dal calore normale de' piani: 2.° dall'estinzione della luce, che diminuisce come diminuisce la densità degli strati di aria sopraposti; poichè le nubi e gli ammassamenti di vapori vescicolari, come quelli che assorbono i raggi solari coll'estinguer la luce, producono calore: 3.° dall'emissione del calorico raggianti, che nelle alte regioni è favorita dall'aria secca, fredda e serenissima.

206. Corre naturalmente allo spirito di ognuno, in seguito di sì fatte considerazioni, che decrescendo la temperatura colla elevazione nell'atmosfera si debba giungere ad un grado di freddo in cui si congelano i vapori. Sonosi quindi distinti due limiti nell'atmosfera: l'uno chiamato *termine inferiore delle nevi perpetue*, che s'incontra in quello strato in cui i vapori gelano; e l'altro, ch'è superiore a questo, sopra cui non sollevasi alcun vapore visibile, che dicesi, secondo Kirwan, *termine superiore della congelazione*. Per lo che i fisici si sono rivolti a definire e calcolare prima d'ogni altro il termine inferiore, che si trova ad altezze diverse nelle varie latitudini e nelle varie stagioni. Ma tra tutti quelli che han dirizzato la mente a sì fatte ricerche, pare che l'Humboldt meriti più fiducia colle sue osservazioni.

È prima d'ogni altro da ricordare che noi possiamo riconoscere l'elevazione delle nevi perpetue per mezzo de' monti, nelle

cui alture ritrovansi le nevi. Or le montagne hanno ad ogni altezza, oltre al clima generale, de' climi particolari modificati dal raggiamento in tempo di notte ad un cielo sereno (che proviene da quelle pianure che sopra loro ad alcune altezze si trovano), dalla superficie scoscesa del terreno, dalla nudità del suolo, dall'umidità delle foreste, e dalle correnti d'aria che discendono verso la sera dalle cime vicine. Oltre di queste cause che alterar possono il termine inferiore delle nevi, sono da mettersene in computo altre, come i venti orizzontali che spirano in alto da una regione più o meno calda, la quantità delle nevi che cadono nell'inverno, la vicinanza di più monti nevosi che si aggruppano, la posizione più o meno continentale, l'estensione e l'elevazione dell'alture spianate più o meno vicine, ec., le quali unite insieme innalzare o abbassar possono il limite delle nevi perpetue relativamente a quello che dovrebbe aver luogo per la diminuzione della temperatura media corrispondente a' diversi punti della superficie della terra. Di che si può conchiudere che il fenomeno delle nevi perpetue sia, più che altro di simil genere, dipendente dalle circostanze locali (V. la Memoria di Humboldt *sul limite delle nevi perpetue*, ec., negli *Annali di Chim. e Fis.* tomo XIV).

207. Siccome la temperatura media va decrescendo sul globo dall'equatore a' poli; così la linea per cui passa il limite delle nevi forma una curva. Poichè quelle temperature medie che sono decrescenti esprimono delle ordinate elevate perpendicolarmente sulla terra, e la linea che scorre lungo la sommità di sì fatte ordinate viene a risultare una curva. Ora la curva che passa per la più

grande altezza, in cui le nevi si conservano nel corso di un anno, si chiama il *limite inferiore delle nevi*. Ma Humboldt osservò che sul Chimborazo all'altezza di 4800^m le nevi si cominciano a conservare in tutto l'anno alla temperatura media dell'aria +1°,5; nel S. Gottardo sull'altezza 2700^m a -3°,7, nella zona ghiacciata a' 68° in 69° di latit. all'altezza 1050^m a -6°; e per mezzo di queste osservazioni venne a distruggere l'antica opinione che la curva nevosa fosse il limite della congelazione o della temperatura zero. Si ritrasse oltre a ciò dalle medesime osservazioni, che la curva nevosa non è una linea isotermica, nè uno strato d'aria di eguale temperatura media. Questo nasce da ciò, che il limite delle nevi non segue la traccia, dice Humboldt, delle linee isoterliche, ma più presto quella delle linee isoteriche, o sia dipende dalla distribuzione del calore annuo (com'è la possibilità di coltivar la vigna) nelle differenti stagioni, dalla lunghezza e temperatura più o meno elevata delle stati, dal numero de' mesi, la cui temperatura è più di 4° o 5°. Di fatto nel sistema de' climi europei le latitudini di due luoghi che hanno la medesima temperatura non giungono al più a differire che di 4° o 5°, mentre si osserva una medesima temperatura di state a Moscovia ed alle bocche della Loira non ostante la differenza di 11° di latit. E come nell'interno de' gran continenti le stati sono più calde di quello che si converrebbe alla latitudine; così avviene che le nevi perpetue a cagione de' calori estivi de' piani sono più elevate ne' paesi mediterranei, che nelle coste del mare. Che se alla temperatura estiva dei piani aggiunger si vogliano le altre cause che modificar possono l'elevazione delle

nevi, non recherà certo maraviglia che la curva nevosa non sia una linea isotermica, o di eguale temperatura.

208. L'influenza delle linee isoteriche, e però anche quella delle linee di eguale inverno sulla elevazione delle nevi, ci dimostra chiaro che l'altezza della curva nevosa debba variare nelle stagioni differenti. Di fatto in ogni zona, ed anche sotto l'equatore, in cui la temperatura media de' mesi differisce poco, si è osservato che la curva nevosa varia di altezza nelle stagioni diverse, giunge a un *maximum* e a un *minimum*, e la quantità di questa variazione appellasi dall'Humboldt *oscillazione annuale del limite delle nevi inferiori*. Ma come oltre del calore e della durata delle stati può ancora conferire all'altezza, in cui la neve ritorna tutti gli anni, la densità che ha la neve all'orlo ed alla estremità inferiore; così quanto più ci allontaniamo dal tropico, l'oscillazione annuale delle nevi cresce e diventa più irregolare. La stessa posizione di un monte al centro o pure all'estremità di una catena basta ad accrescere o a diminuire la quantità di sì fatta oscillazione. La quale sotto l'equatore non è più di 15 tese, e sotto il 19° di latit. giunge talora, secondo Humboldt, a 376 tese.

209. Tutto in somma ci annunzia l'influenza delle circostanze locali; e senza aver riguardo a sì fatta influenza, non si potrebbe certo dichiarare come sul Caucaso (latit. 42° a 43°) sia il termine inferiore delle nevi a 1650 tese di altezza, e ne' Pirenei (latit. 42° ½ a 43°) a 1400 tese. Nè tampoco si potrebbero comprendere le irregolarità con che va decrescendo la temperatura nell'atmosfera alle varie altezze dalla terra. Credeasi che la temperatura

dell'atmosfera, come affermò Kirwan, diminuisca uniformemente nella ragione di una progressione aritmetica; ma le osservazioni ne han dichiarato aperta la falsità. Nella zona equatoriale (da 0° a 10° latit.) la differenza delle temperature medie dal livello del mare all'altezza 500^m è 5°,7; da 500^m a 1000^m è 3°,4; e da 1000^m a 1500^m è 4°,1, ec. La differenza poi tra le temperature medie a quelle stesse altezze nella zona temperata (latit. 45° a 47°) corrisponde a 7°,0, 5°,2, 4°,6 (V. Humboldt, *sulle lin. isotherm.* ec., pag. 589). Dal che è manifesto che nello stato medio dell'atmosfera il calore non decresce uniformemente in una progressione aritmetica. Aggiungasi a ciò che nella catena delle Ande la diminuzione della temperatura si va rallentando tra 1000^m e 3000^m di altezza, e soprattutto tra 1000^m e 2500^m, e poi si accelera di nuovo tra 3000^m e 4000^m. Dall'altezza di Caracas a quella di Popayan e di Loxa in 1000^m trovasi la differenza di 3°,5, e da Quito sino all'altezza di Paramos 1000^m la temperatura cangia più di 7°. Humboldt nel riferire queste sue osservazioni spiega la lentezza con che diminuisce il calore nello strato dell'aria interposto a 1000^m e 2000^m per mezzo delle nubi che dense si accumulano in queste regioni aeree. Poichè queste nubi assorbono i raggi solari, impediscono che il calorico raggiante da' piani passi liberamente, e formano la pioggia che parimente produce calore. E se nella zona temperata non si rallenta così notabilmente alla stessa altezza la diminuzione del calore, ciò è da attribuirsi al raggiamento del calorico, che in questa zona è meno sensibile; giacchè variando la forza del raggiamento, come varia la temperatura

delle superficie raggianti, egli è certo che il raggiamento della zona temperata non può produrre quel calore che produce ad eguale altezza nella zona dell'equatore, in cui il suolo è caldissimo e bruciante. Ciò non pertanto il raffreddamento pare che segua in ambedue le zone la medesima legge negli strati d'aria che sono di egual temperatura.

210. Da queste osservazioni conseguita che un grado di raffreddamento nelle diverse regioni d'aria non corrisponde alle medesime altezze tanto nella zona torrida quanto nella temperata. Ci è convenuto quindi pigliare una misura media onde calcolar si possa la distribuzione del calore in tutta la colonna dell'aria. A ciò fare Humboldt stabilì che nella zona equinoziale da 0^m a 4900^m un grado di raffreddamento corrisponde a 187^m, e nella zona temperata da 0^m a 2900^m a 174^m; e queste determinazioni sono presso a poco conformi a quelle che han recato alcuni fisici salendo sulle cime de' monti in diverse stagioni ed in ore differenti del giorno. Gay-Lussac di fatto giunse all'altezza di 7000^m nel suo viaggio aerostatico, e trovò per ciascun grado presso Parigi 187^m, perchè si elevò in un tempo in cui il calore della terra alla sua superficie era per poco eguale a quello della regione equinoziale (V. *Lin. Isot.* pag. 592, 593).

211. Chiunque ora si persuade quanto conferisca alla temperatura media annuale di un paese l'altezza in cui questo è situato. Si crede che nella zona temperata dalla superficie a livello del mare sino a 1000^m di altezza la temperatura media dell'anno diminuisca ad ogni cento metri di elevazione perpendicolare della

medesima quantità che fa il cangiamento di un grado di latit. avanzando verso i poli. Da 40° a 50 di latit. il calore medio della superficie della terra decresce in Europa di 7°C., e la stessa diminuzione di temperatura si osserva sulle Alpi della Svizzera da 0^m a 1000^m di altezza⁶⁵.

⁶⁵Le indagini sulla temperatura dell'atmosfera nei diversi luoghi, in altro non consistono che nella ricerca delle cause che concorrono a produrre il calore del suolo e della terra (186); perciò era d'uopo far un cenno del calor interno della terra, e mostrare coi fatti finora conosciuti come esista al disotto del suolo uno strato invariabile in cui la temperatura rimane costante (Vedi la nota al § 193). Noi diremo dunque che le poche osservazioni finora fatte ci conducono a concepire al disotto del suolo e all'intorno della terra uno strato che resta costantemente alla temperatura media del sito alla superficie, cui corrisponde verticalmente. Questo strato invariabile si trova ad una profondità più o meno grande, ed è più o meno sinuoso secondo la latitudine ed il clima de' luoghi cui corrisponde. Una moltitudine quindi di cause e di circostanze influiscono a rendergli delle sinuosità particolari, che solo dall'esperienza possono esserci fatte note. Al disopra di questo strato invariabile avvengono nella terra tutti i cangiamenti di cui fa parola l'Autore. A misura che s'inoltra nelle viscere del globo al di là dello strato invariabile, sembra che la temperatura aumenti, almeno dietro quanto c'insegnano

CAPO V. — DELL'ELETTRICITÀ ATMOSFERICA E DEL GAS IDROGENO.

212. I fisici, da che Franklin mostrò loro l'elettricità nell'atmosfera, non han dubitato che questo fluido dalla terra s'innalzi nell'aria, e da questa alla terra ritorni, e che continuo si mantenga un sì fatto circolo dell'elettricità tra l'atmosfera e la terra, ch'è il gran conduttore dove essa va, viene, opera, e movendosi perpetuamente si stanZIA. Ma come l'aria è un corpo non conduttore, sonosi quelli rivolti ad indagare per quali vie e coll'ajuto di quali corpi salga e discenda il fluido elettrico, e scorra per l'atmosfera. Volta da alcune esperienze ritrasse che tutti i corpi cangiando stato e passando in particolare a quello di fluidi elastici prendono lo stato elettrico; e però ne dedusse che tutti i vapori e soprattutto quelli dell'acqua somministrano elettricità all'aria. All'elettricità de' vapori aggiunse Volta quella che si svolge per la combustione del carbone; ma intorno a ciò non è da tacere che nè Saussure, nè Davy avean potuto cavare dei segni elettrici della

le poche osservazioni istituite a grandi profondità. Da qui nacque l'idea d'un *fuoco centrale*, come nacquero le diverse ipotesi dei naturalisti per ispiegare la formazione del globo, prima anche di stabilire col fatto questo aumento di calore col crescere la profondità. — *Gli Editori.*

combustione. In tale stato venne Becquerel mostrando la formazione delle correnti elettriche nelle combustioni, e più d'ogni altro Pouillet prese ad assegnare coll'ajuto di più esperienze con più precisione le cause dell'elettricità atmosferica in due Memorie che si leggono negli *Annali di Chimica e Fisica* (tomo XXXV e XXXVI).

213. Stabili il Pouillet, coll'ajuto di molte esperienze, che i corpi nel cangiar di stato non prendono mai elettricità, ma soltanto col combinarsi e scomporsi. Nelle combustioni trovò che le molecole dell'ossigeno, le quali si combinano, svolgono elettricità positiva, e 'l combustibile, quale che si fosse, negativa. Ebbe di fatto dal gas acido carbonico, nell'istante che si forma, elettricità in più, dal carbone l'elettricità in meno, e conobbe che tutti i gas, sia che si combinano tra loro, o pure coi solidi e coi liquidi, svolgono elettricità. Da queste esperienze adunque venne egli prima argomentando che le piante mandano di continuo all'atmosfera dell'elettricità positiva. Poichè operando esse sull'aria atmosferica, ora formano coll'ossigeno dell'aria e col proprio loro carbonio gas acido carbonico che si svolge insensibilmente, ed ora esalano dell'ossigeno puro (num. 162), che proviene da qualche combinazione che accade nell'interno delle piante. Andò poi confermando coll'esperienza il suo ragionamento, e raccolse dalla vegetazione delle piante in abbondanza elettricità positiva.

214. Dalle combinazioni si rivolse il Pouillet alle separazioni chimiche, e dagli esperimenti raccolse che il vapore dell'acqua

purissima non porge alcun segno elettrico, perchè cangia solamente stato e non si scompone. Ed al contrario si avvide che i vapori, la cui formazione era accompagnata da una separazione chimica, somministravano elettricità. Il vapore delle soluzioni degli alcali solidi è fornito di elettricità negativa, e l'alcali di positiva; ed all'inverso i vapori delle soluzioni deboli o concentrati de' gas, degli acidi e de' sali hanno elettricità positiva, e le soluzioni negativa. Per lo che potè conchiudere che sulla vasta estensione de' mari la segregazione chimica, che si opera per l'evaporazione, sia una sorgente continua di elettricità. E come le acque che inaffiano le piante e umettano la terra, hanno sempre delle sostanze disciolte che vengono ad abbandonare coll'evaporazione; così alla superficie della terra non vi ha evaporazione senza separazione chimica, e perciò senza produzione di elettricità. Tutti i vapori adunque e tutti i gas, nell'atto che si formano sulla superficie della terra e che s'innalzano nell'aria, sono in uno stato elettrico, ed elevandosi spargono in tutta la massa atmosferica l'elettricità di che sono dotati⁶⁶.

⁶⁶Dopo la pubblicazione di quelle due *Memorie* non si dovrà, a dir vero, fare un gran cambiamento alle dottrine del Volta sull'origine dell'elettricità atmosferica, nè è molto difficile ridurre i pensamenti di Volta a concordare con quelli di Pouillet. Imperciocchè il Fisico italiano sino dall'anno 1769 teneva come cagione dello sviluppo dell'elettrico le operazioni chimiche, e l'elettrico che nasceva dalla reciproca azione

dell'acqua sui metalli arroventati, l'attribuiva appunto ad un'azione chimica, dicendo *essere certo che questo fenomeno tiene alla natura di questi metalli calcinabili dall'acqua, incorporandosi in parte, non già all'evaporazione come tale* (Collezione delle Opere di Volta. T. I, P. II). Volta adunque, che scriveva nel 1787, attribuisce in tal caso la cagione dello sviluppo dell'elettricità positiva alle azioni chimiche, come riduce allo stesso principio l'eguale elettricità che vide talvolta nascere nella produzione del flogogeno (idrogeno). È vero bensì che l'acqua passando in vapore non aumenta la sua capacità per l'elettrico, come si ricava dalle sperienze di Pouillet. Tuttavia Volta confessa che l'evaporazione forse non era la causa immediata per cui si sviluppa l'elettrico, ma che però per lei si mette in azione questa causa, qualunque essa sia (Collez. T. I, P. II, pag. 283). Il Fisico francese ha fatto fare un passo di più alla dottrina di Volta, avendo dimostrato che l'evaporazione mette in giuoco le azioni chimiche, come nelle acque salse dei mari; ossia per essa succede una separazione del fluido solvente e del corpo in soluzione, per cui nasce l'elettricità. Il Pouillet pertanto attribuendo l'elettrico dell'atmosfera alle azioni chimiche, che in questo caso hanno sempre luogo in conseguenza dell'evaporazione delle acque del mare, del suolo e di quelle di cui sono imbevuti i vegetabili, egli non ha fatto che ampliare la dottrina del Fisico italiano e meglio definirla e preciserla. — *Gli Editori.*

215. Molte sono e continue le combinazioni e le separazioni chimiche che han luogo ad ogni momento in natura, dalle quali può ritrarre l'atmosfera elettricità; ma l'esperienze del Pouillet danno a vedere che le principali sono i vegetabili colla formazione e assorbimento dell'acido carbonico, e i vapori di tutti i liquidi più o meno impuri, come si trovano ordinariamente nello stato naturale.

Per i vapori adunque e per i gas che si alzano nell'atmosfera, e per mezzo delle punte (tomo I, num. 361), e in particolare dalle cime degli alberi e de' monti o di altre eminenze si manda elettricità dalla terra, che ne è un'immensa sorgente, nell'atmosfera, e coll'umido e colla pioggia, e per la via delle stesse punte ed eminenze ritorna il fluido elettrico alla terra, e l'equilibrio di questo fluido si ristabilisce talora lentamente e talora di una maniera forte e sensibile. Ora quando l'elettricità scorre nell'atmosfera non si sparge immediatamente nella sua massa, perchè l'aria non è conduttrice; e accumulandosi in uno strato qualunque opera per influenza, produce elettricità contraria negli strati contigui, e questi successivamente negli altri lontani. Ma il fluido elettrico in tale stato tende ad espandersi; ed ove si avvicinano i vapori dell'acqua, che sono migliori conduttori dell'aria, verso questi corre e si lancia e si accumula nelle nubi, non altrimenti che fa l'elettricità delle nostre macchine in un corpo conduttore

quando è isolato. E come dalla terra si può innalzare l'una e l'altra maniera di elettricità nell'atmosfera; così è da argomentare che l'elettricità nell'atmosfera ora lentamente discorre, ora presto si lancia verso i vapori, ora si sta accumulata nei nugoli, ed ora eziandio si neutralizza. Per lo che l'atmosfera talvolta si manifesta positiva o negativa, e talvolta non mostra alcun segno di elettricità.

216. Si comprende da ciò che lo stato elettrico dell'atmosfera può essere alcuna fiata assai forte, com'è ne' temporali, ed altra assai debole, come si osserva d'ordinario a ciel sereno. Monnier fu il primo che prese ad osservare la piccola elettricità dell'atmosfera, e poi Beccaria, Saussure, Volta ed altri l'hanno con più diligenza osservato. E però sonosi ricavati dalle loro osservazioni alcuni risultamenti che sono stati comprovati da' fisici. Primieramente l'atmosfera serena ha sempre elettricità positiva, e la nuvolosa l'ha di frequente positiva e talvolta negativa. In secondo luogo, nelle piogge senza vento l'elettricità da principio si trova forte, e poi s'indebolisce. Ma nelle piogge procellose ora è fortissima, ora nulla ed ora negativa. Ed in generale l'elettricità ne' giorni piovosi è tanto più debole, quanto più dura la pioggia e 'l tempo piovoso. Terzo, la neve e la nebbia rendono per l'ordinario l'atmosfera elettrica positivamente; ma i venti che sono forti diminuiscono l'elettricità rimescolando gli strati aerei, e nei tempi burrascosi l'elettricità nasce, manca, torna a mostrarsi, ed ora è positiva ed ora è negativa. Nei luoghi in fine bassi ed umidi ed impediti si accumula pochissima elettricità, e molta ne' luoghi

alti e liberi. Questi, che sono semplici risultamenti dell'osservazione, sono conformi all'andamento del fluido elettrico in riguardo a' vapori, che sono conduttori di elettricità, ed addensandosi o in pioggia o in neve lasciano libera l'elettricità, e rimescolandosi negli strati dell'aria a diverse altezze mutano lo stato elettrico dell'atmosfera non solo nella quantità, ma nella qualità in varj punti e a diverse altezze.

217. Si è osservato nello stato elettrico dell'atmosfera un periodo giornaliero. Secondo Monnier e Volta l'elettricità dallo spuntar del sole sino a due o tre ore dopo mezzogiorno va gradatamente crescendo. Diminuisce poi a poco a poco sino alla rugiada, nel qual tempo si rianima, e poi decade e diventa quasi insensibile allo spuntar del sole. Ma Schluber vuole che sia diverso il periodo di queste variazioni, sebbene ammetta un periodo nello stato elettrico diurno.

218. Diverso è lo stato dell'elettricità atmosferica nelle diverse stagioni. L'elettricità a ciel sereno, secondo Volta, è minima nelle state, massima nell'inverno. D'inverno a ciel sereno l'elettricità, giusta le di lui osservazioni, segna da' 10° a 20° del suo elettrometro a pagliuzze raramente meno di 8° , e ciò accade verso l'aurora. A cielo nuvoloso è massima nella primavera e nella state, e nell'inverno è minima. A ciel nuvoloso i segni elettrici sono meno intensi, ma sempre più che nella state. Però alcuni si danno a credere che l'elettricità atmosferica abbia ancora i suoi periodi annuali; ma egli è certo che nella torrida l'elettricità abbonda più che nelle zone temperate. Si può intanto da tutto ciò ricavare che

l'elettricità atmosferica è connessa coll'evaporazione, col caldo e col freddo e collo stato dei vapori, sì che l'umidità e la siccità e lo stato termometrico molto conferisca ad immutare e modificare lo stato elettrico dell'atmosfera.

Oltre a' vapori ed alla elettricità, di che si è già fatta parola, molte altre sostanze si possono ritrovare nell'atmosfera, che hanno qualche parte a' fenomeni che nell'aria si osservano, e tra queste essendoci sconosciute tante altre, non è da tacere quel gas che si trova nelle paludi, nelle pozze dell'acque stagnanti, nelle miniere di metalli e di carbon fossile, nelle fogne, ne' cimiteri, e in generale in quei luoghi in cui hanvi materie vegetabili ed animali in putrefazione, e porta oggi il nome di *gas idrogeno*. Poichè egli è certo che svolgendosi dalla terra se ne porta una gran copia nell'atmosfera, sebbene s'ignori se ivi si combini coll'ossigeno, o con altra sostanza, o vi resti mescolato. Anzi alcuni son di parere che in molta quantità si generi sotto i tropici, e di là innalzandosi vada a scaricarsi verso i poli. Ma in qualunque modo, ancorchè non sia questo gas forse permanente nell'atmosfera; pure stanziando non di rado in mezzo alla medesima, è giusto che se ne conoscano l'indole e le proprietà.

DEL GAS IDROGENO

Esperimento I.

Versando acido solforico allungato con acqua sopra la limatura di ferro o sopra grani di zinco, si svolge il gas idrogeno con effervescenza e con gran copia di calorico libero.

219. Questo gas essendo puro alla temperatura ordinaria, è insipido, senza odore e colore, non è atto a mantenere la vita degli animali e la combustione, ed ha una gravità specifica in riguardo all'aria atmosferica 0,073:1.

Siccome il gas idrogeno non può provenire nè dal ferro o zinco, nè dall'acido solforico, che non ne contengono; così si svolge dall'acqua che si scompone. L'acqua cede l'ossigeno al metallo che si ossida, e quest'ossido è disciolto nell'acido; laonde l'idrogeno diviene libero e si svolge. Di fatto resta nel vaso un composto triplo di ossigeno, acido solforico e ferro o zinco. Per ispiegar poi lo svolgimento del calorico è da supporre che forte stringendosi l'acido, l'ossigeno, e 'l metallo, tramandino tanto calorico da innalzare la temperatura, e da mettere l'idrogeno in istato aeriforme.

220. L'idrogeno si combina coll'ossigeno e col carbonio per formare le sostanze vegetabili, e coll'ossigeno, carbonio ed azoto nella composizione delle materie animali. Si unisce di più collo zolfo, fosforo, selenio, cloro e iodio, che son corpi semplici, ed anche co' tre metalli potassio, arsenico e tellurio⁶⁷.

⁶⁷Il gas idrogeno vien chiamato da L. Brugnatelli *gas flogogeno*, o generatore della fiamma, denominazione più consentanea alla sua particolare proprietà, quale si è quella di abbruciare nello stato aeriforme e dar origine alla fiamma: mentre la denominazione d'idrogeno spetterebbe egualmente all'ossi-

Esperimento II.

Posto in contatto il gas idrogeno coll'aria atmosferica o col gas ossigeno puro, si osserva che per mezzo di una candela accesa, con un ferro rovente o con una scintilla elettrica si accende, e ne' vasi chiusi fa nell'accendersi scoppio, e giunge anche ad infiammarsi colla sola pressione, se è forte e subitanea.

geno, altro de' componenti l'acqua; e d'altronde nella nomenclatura chimica la parola *idro* si aggiunge per dinotare la presenza dell'acqua nel corpo che si nomina. È stato scoperto altresì che il flogogeno ha la proprietà di acidificare, e si hanno alcuni acidi resi tali da questo gas: così l'*acido idroclorico* o *flogoclorico*. Esso non è respirabile, ma non è però nocivo, potendosi introdurre nei polmoni senza alcun danno: infatti Fontana Felice, Pilatre de Rozier ed altri l'hanno respirato senza alcun nocimento. Non è comburente, e quando non contenga ossigeno e non sia a contatto con questo gas, i lumi si spegnono immersi in esso.

Un altro fenomeno del gas flogogeno è quello dell'*armonica chimica*, la quale consiste in un suono che viene generato da una corrente di questo gas in combustione innalzandosi verticalmente entro un tubo di vetro, di porcellana e simili, della lunghezza di 30 in 40 centimetri e del diametro interno di 5 in 6. — *Gli Editori*.

L'accensione del gas idrogeno suppone una sua combinazione coll'ossigeno, e questa non può aver luogo se non si alza la temperatura colla candela, col ferro rovente o colla scintilla. E come una forte e snbitanea pressione produce svolgimento di calorico; così anche con una sì fatta pressione ha luogo l'accensione di quel gas. Poichè coll'aumento della temperatura si sviluppino (num. 158) le elettricità e si manifesta la luce. Ma per succedere intera la combinazione e aversi l'accensione bisogna che i due gas ossigeno e idrogeno sieno in una certa proporzione. Il miscuglio disparirà interamente se il rapporto tra i volumi de' gas è come 2 d'idrogeno ed 1 di ossigeno, o pure 5 di aria atmosferica. Se poi la quantità dell'idrogeno è tripla di quella dell'ossigeno, il residuo della combinazione sarà 1 parte del gas idrogeno, e di 2 $\frac{1}{2}$ parti di ossigeno se la quantità di questo gas sia tripla dell'altra dell'idrogeno; giacchè nel primo caso una parte del gas idrogeno e nel secondo 2 $\frac{1}{2}$ di gas ossigeno non si combinano. La combustione in fine sarà tanto meno, quanto più l'ossigeno eccede; giacchè, secondo Humboldt e Gay-Lussac, non più ha luogo quando l'idrogeno è mescolato con 9 $\frac{1}{2}$ il suo volume di ossigeno. La ragione delle indicate proporzioni deriva da ciò, che dall'accensione del gas idrogeno coll'ossigeno puro o dell'aria atmosferica si viene a formare l'acqua. La quale risulta, come abbiamo accennato, da due volumi d'idrogeno e uno di ossigeno, o pure in peso da 11,10 d'idrogeno, e 88,90 di ossigeno.

221. Siccome colla combustione dell'idrogeno si forma l'acqua, ed ha luogo una gran copia di calorico; così l'acqua si riduce

allo stato di vapore e si espande sommamente. Ma all'istante questi vapori si riducono per la compressione e pel raffreddamento di nuovo in acqua, e lasciano un vòto. Nasce quindi da queste due cause, espansione in vapori e condensazione repentina in acqua, lo scoppio, il quale si manifesta per unico colpo, perchè le vibrazioni successive dell'aria sono così rapide che si confondono. Da questa proprietà del gas idrogeno di scoppiare accendendosi trasse il Volta il pensiero di formare la pistóla elettrica, in cui per mezzo della scintilla elettrica si accende quel gas, e colla scarica fa saltare un turacciolo di sughero ed imita un colpo di pistóla.

222. Si è rivolto il gas idrogeno agli usi della vita e della società; giacchè si sono costrutte delle scaldavivande e qualche cannelo avvivatore, chiamato *lucerna dello smaltatore di Newmann*⁶⁸, e

⁶⁸Il professore Crivelli ha immaginato un apparato col quale si rende più efficace e più sicura la combustione del gas flogogeno a contatto coll'ossigeno, mandando ad effetto il pensiero di Lavoisier col far abbruciare il primo entro un'atmosfera del secondo gas. Col suo apparato egli ha fuso delle sostanze le più refrattarie in presenza di parecchi membri dell'istituto di Milano e di alcuni coltivatori delle fisiche discipline. Se ne può vedere la descrizione nel suo *Discorso accademico* intitolato *Nuovo meccanismo*, ec. Milano, 1818. — *Gli Editori*.

Volta ne formò una lucerna nel modo che si vede rappresentata nella *fig. 75*. *AB* è una caraffa piena di gas idrogeno e *DF* un fiasco pieno di acqua, *XR* è una piccola cassa entro cui stassi l'elettroforo *EO*, e alzando la chiave *C* si mette in comunicazione l'acqua col gas, e si trae la scintilla dall'elettroforo. In questo modo il gas premuto dall'acqua scappa per *a*, dove giungendo la scintilla per via del del conduttore *G* l'infiama, e con questa fiammella si può accendere un cerino o una candela. Anzi questa lucerna è costruita in modo che con la scintilla s'infiama il gas, e questo da sè accende la candela⁶⁹.

223. Per la proprietà che ha il gas idrogeno d'infiamarsi ove si alza la sua temperatura al contatto del gas ossigeno o dell'aria atmosferica, si spiegano gl'incendj che sono talora avvenuti ne' fenili, o in altri magazzini dove stansi erbe o panni di lana. Poichè

⁶⁹Il meccanismo dell'*accendilume* di Volta è stato perfezionato da poi, giacchè il gas flogogeno, a misura che viene consumato, si forma continuamente da sè coll'azione dello zinco sull'ossigeno dell'acqua; e questo liquido, di cui è riempuito il vaso superiore, trovasi sempre in comunicazione col gas e lo preme in modo che al rivolgere della chiave aprendosi il picciolo cannello *a* ne esce con una certa velocità, e viene acceso dalla scintilla elettrica, la quale nello stesso tempo si trae dall'elettroforo sottoposto al girar della chiave stessa. — *Gli Editori*.

quando il fieno e l'erba non sono del tutto secchi, e i panni che sono oleosi stansi stretti e compressi si eccita la fermentazione e si sviluppa il gas idrogeno, il quale coll'ajuto di qualche lume o fuoco casuale accendendosi può mettere in fiamma i fenili o i magazzini. Per la stessa ragione portandosi de' lumi accesi ne' sepolcri, o pure nelle cave di carbon fossile, o nelle miniere, o in altre grotte dove si ha in gran copia del gas idrogeno, questo fa le viste di accendersi da sè, e in questi luoghi sotterranei forte scoppiando giunge a sommuoverne i tetti, i pilastri, le volte, ed a cagionare la morte di quei che là sotto lavorano. Però a schivare un sì fatto pericolo è stata inventata dal Davy la *lucerna* che chiamasi di *sicurezza*, la quale è formata da una rete o tela metallica traforata da piccoli forellini, ed ha la figura di un cilindro, dentro cui avvi il lume, poichè questa tela impedisce che s'infiammi e scoppii il gas idrogeno (Vedi la descrizione nel tomo I della *Bibliot. univers.*) Questa proprietà delle tele metalliche si vuole che provenga da ciò, che la fiamma si raffredda in contatto di loro. E come la fiamma non può durare senza una temperatura molto elevata e costante; così avviene che non si può propagare al di là della rete metallica che ad ogn'istante ne modifica l'azione, nè può comunicare quel grado di temperatura ch'è necessario all'infiemmazione dei gas. A questa ragione aggiunse il Libri (*Antologia*, Giornale di Firenze, genn. 1827) la ripulsione ch'egli si accorse esercitarsi da' fili metallici contro la fiamma, di modo che, e per la ripulsione ch'esercita la rete metallica e pel raffreddamento che cagiona alla fiamma, questa è impedita di oltrepassare

ed eccitare l'inflammazione del gas idrogeno. E sebbene l'esperienza abbia dimostrato che in certi casi, e quando la fiamma si lancia con impeto, questa abbia traversate più reti metalliche; pure sempre è vero in generale che i fili metallici impediscono la diffusione della fiamma, ed utile riesca la lanterna di sicurezza⁷⁰.

224. Il gas idrogeno si unisce allo zolfo, e si chiama allora *solforato*, e in sì fatto stato esala un fetore spiacevolissimo simile a quello dell'uova putride; è più pesante del gas idrogeno puro, ed è così micidiale, che mescolato con un volume d'aria alla dose di 1/180 ammazza un cane, e alla dose di 1/230 un cavallo, allorchè lo respira. Trascolora di più e annerisce alcuni metalli, ha delle proprietà acide che acquista dall'idrogeno, ed è stato chiamato acido *idrosolforico*⁷¹. Si può del pari unire il gas idrogeno col

⁷⁰Sullo stesso principio della proprietà che hanno le reti metalliche che d'impedire, per qualsiasi cagione, il passaggio della fiamma attraverso a sè stesse, è fondata la costruzione delle armature a maglie, proposte dal cavalier Aldini per guarentire i pompieri dall'azione diretta della fiamma e da una rapida comunicazione del calore, e quindi a metterli in istato di poter inoltrarsi nelle fiamme d'un incendio per essere utili alle persone che si trovassero in pericolo di divenirne vittima, e per giungere a salvare cose di valore o preziose dall'azione distruggitrice del fuoco. — *Gli Editori*.

⁷¹Il gas flogogeno solforato è un acido reso tale dal flogogeno,

fosforo, e forma il gas *idrogeno fosforato*, che ha uno stomachevole fetore, come di pesce marcio, e s'infiama pel solo contatto dell'aria, e arde con iscoppio se sia mescolato con quantità notabile d'aria atmosferica. Si dichiaran così i *fuochi* detti *fatui*, che cagionano tanto spavento agli abitanti delle campagne, perchè sogliono vedersi vicino a' cimiteri, nelle paludi e in terre oleose. Questi fuochi altro non sono che accensioni lente e spontanee di gas idrogeno fosforato; si distendono nell'aria, perchè l'idrogeno cerca l'ossigeno con che si unisce, e trasportati dall'aria

o idrogeno, altro dei principj acidificanti. Si ottiene questo gas mettendo in una storta dello zolfuro di ferro e dell'acido zolforico allungato con acqua, e ponendo il miscuglio all'azione del fuoco. Estingue i lumi ed uccide gli animali che lo respirano: misto all'aria nel rapporto di 1/1500 fa morire un uccello che lo respira, nel rapporto di 1/800 un cane, e di 1/200 un cavallo. Facendolo passare a traverso all'acqua di calce, assorbe questa sostanza formando un composto detto *flogo* o *idrosolfato di calce*. Detona come il flogogeno puro, misto coll'ossigeno o coll'aria atmosferica; arde con fiamma azzurrognola, e nell'ardere depone dello zolfo; viene decomposto anche dall'acido nitroso. Per l'odore che tramanda un tal gas acido, veniva chiamato dagli antichi *gas epatico*. — *Gli Editori*.

fanno talora le viste d'inseguire chi le fugge, e di fuggire chi l'insegue. Si veggono poi ne' cimiterj e nelle campagne, perchè il gas idrogeno fosforato risulta dal disfacimento delle ossa e dalla putrefazione delle sostanze animali⁷². Si combina in fine il gas idrogeno col carbonio, e si forma il gas *idrogeno carburato*, che brucia con fiamma oscura, slanciando delle piccole scintille o bianche o rosse. Questo gas si svolge spontaneamente dalle acque palustri e limacciose ne' tempi caldi, e in Sicilia se ne sviluppa gran

⁷²Il gas flogogeno perfosforato si ottiene sottomettendo ad un lieve calore una mescolanza di acqua di calce con circa 1/12 in peso di fosforo tagliato in piccioli pezzi. Con circa due o al più tre denari metrici di fosforo si ha una quantità bastante per fare in una pubblica scuola l'esperienza, la quale riesce sempre interessante nel vedere il gas farsi strada a traverso all'acqua dell'apparato idro-pneumato-chimico ed infiammarsi da sè appena che viene a contatto coll'ossigeno dell'atmosfera, in modo che ogni bolla che ne esce sembra una vampa di fuoco che si sviluppi dall'acqua. In questa operazione il flogogeno dell'acqua si combina col fosforo e dà nascimento al gas flogogeno perfosforato; mentre coll'ossigeno, con una porzione di fosforo e colla calce si forma un fosfito di calce con eccesso di quest'ultima sostanza, rimanendo il tutto nel recipiente dove si effettua l'operazione. — *Gli Editori.*

copia a' Macalubbi tra Sciacca e Girgenti, a Terrapilata vicino Caltanissetta, ed in altri luoghi. Simile a questo delle paludi è il gas idrogeno che si trova nelle miniere di carbon fossile, e che da questo carbone si trae, il quale brucia con bella fiamma bianco-giallastra, e manda più lume e calore del gas idrogeno puro, giusta la proporzione del carbonio che contiene; giacchè, secondo il Davy, l'intensità della luce nell'infiammazione de' gas dipende dalla ignizione e dalla combustione di qualche solido che si depone per la scomposizione dei gas. Però di questo gas si suol fare uso nell'apparato *termolampo* per illuminare le città e le case. E perchè questo gas non mandi un odore insopportabile ne' luoghi ch'è destinato ad illuminare, si fa passare prima a traverso l'acqua di calce dilavata, e poi a traverso una dissoluzione di acido solforico (Vedi intorno al termolampo i tomi XLIX, LVIII e LIX della *Bibliot. Britannica*).

225. Il gas idrogeno bruciando secondo le varie sostanze con che è combinato, manifesta colori diversi; e però sonosi immaginati degli artifizj di fuoco senza fumo e senza romore, che servono a divertir l'occhio colla vaghezza di molti variati colori.

226. Ci resta a parlare delle proprietà di cui son forniti certi corpi alla temperatura ordinaria dell'atmosfera, allorchè sono esposti ad una corrente di gas idrogeno, ch'è quella appunto di arroventirsi ed infiammare questo gas. Il professore Doebereiner osservò che una corrente di gas idrogeno spinta da un sottil tubo con una certa velocità sopra un pezzetto di platino spugnoso,

che si ottiene per mezzo della riduzione dell'idroclorato ammoniacale di platino, brucia nell'aria alla temperatura dell'atmosfera senza fiamma, ma con tale svolgimento di calorico, che porta il metallo all'incandescenza, e si forma dell'acqua. L'iridio, il rodio e il palladio hanno la stessa proprietà del platino alla temperatura ordinaria; e dall'esperienze di Dulong e Thenard si è ricavato che una sì fatta proprietà può mancare e riprodursi a nostra voglia. Di fatto il platino spugnoso esposto ad una corrente d'aria umida la perde, e la può riacquistare quando s'immerge nell'acido nitrico e nell'acido solforico concentrato, o nell'acido muriatico. Molte altre sostanze, come l'oro in laminette o in foglie sottili o in polvere, l'argento precipitato dallo zinco, il carbone, la pietra pomice, il vetro, il cristallo di rocca, la porcellana, il marmo bianco, ec., hanno la facoltà a temperature più o meno alte di combinare l'idrogeno e l'ossigeno. Ma è da confessare che sinora sopra questa proprietà delle spugne niente sappiamo di certo per poterne somministrare la spiegazione.

227. La leggerezza di questo gas ha dato origine ai palloni aerostatici, perchè empiendosi una sfera di taffetà di questo gas s'innalza nell'atmosfera, e si ferma in quegli strati d'aria la cui gravità è eguale alla sua. Il primo pallone fu lanciato dal Montgolfier nel 1782, era di carta, ed avea 110 piedi di circonferenza. La forza che si mise in opera per elevarlo, fu l'aria atmosferica dilatata dal calore di un fornello situato sotto l'orifizio del pallone. Ma presto ci furon di quei che per mezzo di una barchetta attaccata per corde al pallone con questo in alto si levarono. Da

prima il pallone era ritenuto, e poi Pilatre de Rozier e Darlandes si alzarono a pallone come dicesi perduto, e in 17' percorsero quattro mille tese. Questo pallone, chiamato *Mongolfiera*, era pericoloso a cagione del fuoco che si dovea mantenere vicino al pallone, e perchè non si potea regolare opportunamente per scendere e salire⁷³.

⁷³Pilatre de Rozier e il marchese Darlandes furono i primi che si elevarono col mezzo d'un areostato nell'atmosfera. Questo spettacolo, dell'uomo che s'innalza nella regione delle nubi, fu dato il giorno 21 novembre 1783 a *La Muette*, castello posto nei dintorni di Parigi. Gl'intrepidi viaggiatori aerei rimasero in aria 20 in 25 minuti, salendo ad un'altezza di alcune centinaia di metri e percorrendo una distanza orizzontale di più di 2000 metri. In Italia il primo che si elevò nell'aere fu il cavalier Landriani di Milano. L'esperimento venne eseguito il giorno 25 febbrajo 1784 a *Moncuovo*, casa di campagna del nominato cavaliere, poche miglia distante da Milano. Egli ed un'altra persona sedevano nella galleria dell'areostato, s'innalzarono parecchie centinaia di metri e rimasero nell'alte regioni dell'atmosfera circa 20 minuti. L'Inghilterra vide il primo areonauta nella persona del capitano Lunardi di Lucca, che s'innalzò con un pallone a gas flogogeno il giorno 15 settembre 1784, essendo rimasto in alto circa un'ora e mezzo, e salito ad un'altezza di qualche miglio. Blanchard diede un tale spettacolo alla Germania nel 1785.

Charles fu quello che sostituì all'aria rarefatta il gas idrogeno, ch'è 13 ½ volte più leggero dell'aria atmosferica, e somministra una gran forza di ascensione, costante e senza pericolo. I primi che si elevarono col pallone a gas idrogeno furono Charles e Robert.

I palloni sono delle sfere di taffetà sparse di vernice composta d'olio di terebentina e gomma elastica, le cui misure sono da proporzionarsi al peso che debbono innalzare. Quando il pallone si eleva, è pericoloso di gonfiarlo interamente, perchè come si va innalzando col mancar della pressione il gas idrogeno si dilata, e se fosse molto gonfio, la dilatazione del gas potrebbe giungere al segno di farlo crepare. Basta perciò che la forza di ascensione nel partire sia debole, e atta ad elevare lentamente il pallone e la barchetta cogli strumenti e il viaggiatore. Il pallone nella parte superiore è fornito di una valvola che si apre e chiude a volontà dell'aeronauta, affinchè possa questi discendere a sua posta aprendo la valvola e cacciando fuori una porzione del gas. Nella barchetta si pongono de' sacchetti di arena, che formano la zavorra, e questi si versano nell'aria per potersi elevare di più il pallone, e più d'ogni altro perchè nello scendere si eviti l'impeto o l'urto del pallone contro la terra.

Gay-Lussac si è innalzato lentamente all'altezza di 7000 metri

a solo oggetto di ricerche fisiche; ma d'ordinario i palloni aerostatici servono di spettacolo nelle feste pubbliche⁷⁴. Al presente

⁷⁴Per riparare a qualunque sinistro accidente che potesse provenire dalla rottura del pallone o da perdita di gas, si è aggiunto ai globi areostatici il paracadute. Questo apparecchio è una specie di grand'ombrello, che si apre e si distacca dal pallone con opportuni ordigni, per discendere l'areonauta lentamente a terra (Vedi § 295 degli *Elementi di Fisica di Majocchi*. Milano, 1826).

Il barone di Humboldt salendo sul monte Chimborazo in America, è giunto, per la via di terra, all'altezza di metri 5580 sul livello del mare; e Gay-Lussac, mediante un areostato a gas, salì all'altezza di 7016^m sul livello medesimo. Roberston fece parecchie ascensioni in America col mezzo d'un globo areostatico, e la maggior altezza cui egli si elevò fu di circa 6600^m. L'altezza cui è salito Gay-Lussac si ritiene da molti come la più grande cui l'uomo sia pervenuto. Tuttavia Lunardi nel giorno 15 settembre 1789 salì in Napoli all'altezza di 7638^m (Vedi *Elementi* citati, nota al § 305); ed Andreoli a Milano nel giorno 18 ottobre 1807 si elevò 7925^m (*Giornale di Pavia*, 1808, pag. X); e in fine lo stesso Andreoli coll'astronomo Brioschi, in un volo intrapreso a Padova nel giorno 22 agosto 1808, giunsero fino a 8265^m d'altezza (*Commentarij astronomici della Specula di Napoli*, ec. Vol. I. Napoli, 1824—

si mira a trovarne la direzione, e un gran premio si è promesso in Inghilterra a chi giungerà a scoprirla. Ciò non pertanto inutili sono riusciti sinora, per quanto sappiamo, tutti i tentativi; ma non perciò è da disperare che un giorno possa l'uomo forse giungere a viaggiare nell'aria con facilità e sicurezza.

CAPO VI. — DEGLI STRUMENTI METEOROLOGICI.

Avendo sciolto, per quanto si può, nello stato attuale delle nostre cognizioni, l'atmosfera nelle sue parti principali, venghiamo ora a trattare degli strumenti immaginati da' fisici per notare l'influenza e le affezioni di sì fatte parti, e misurare le vicende e l'energia della loro azione, cominciando dal *barometro* (num. 126), che serve a misurare la pressione ch'esercita ad ogni momento l'aria atmosferica.

DEL BAROMETRO

228. Il barometro, che è rappresentato nella *fig.* 64, risulta da un tubo di vetro incassato in *ABCD*, lungo più di 30 pollici, pieno di mercurio, e rivoltato col suo orifizio aperto in *P*, che si chiama il *pozzeretto* o *bagno* del barometro. Perchè questo strumento possa

1826). Il punto più alto cui sia pervenuto l'uomo nell'atmosfera può ritenersi dunque di metri 8265 o di circa quattro miglia e mezzo italiane sul livello del mare. — *Gli Editori.*

indicare con esattezza il peso dell'aria, bisogna prima disseccare il tubo col riscaldarlo forte, e mandarvi dentro dell'aria con soffietto nuovo. S'introduce poi a poco a poco il mercurio, così caldo che sia in ebullizione, affinchè si estragga l'aria che in esso trovasi interposta, e più d'ogni altro quel sottile velo di umido che stassi attaccato alla parete del tubo. Senza queste precauzioni l'ascensione del mercurio non potrebbe indicar bene la pressione dell'atmosfera. Poichè come si rovescia il tubo nella sua estremità ermeticamente chiusa ossia sopra il mercurio, si forma il vòto, e vanno in questo a collocarsi l'aria e l'umido per la loro forza di espansione; di modo che non si metterebbe in equilibrio coll'atmosfera la sola colonna del mercurio, ma aria, vapori e mercurio, e l'altezza del mercurio sarebbe un indice falso del peso dell'aria atmosferica.

229. Si applica a questo strumento una scala divisa in pollici e in linee, o, come oggi fanno i Francesi, in centimetri e millimetri, affinchè misurare e leggere si possa esattamente l'altezza della colonna nel tubo. Anzi scorre lungo una sì fatta divisione o scala un cursore, che si chiama il *nonio* o *vernier*, coll'ajuto del quale si possono contare le centesime e le millesime parti di un pollice.

Per conoscere l'applicazione del nonio, tanto necessaria per potere apprezzare le piccole variazioni di una misura, è da sapere che diviso il pollice o una lunghezza qualunque A in m parti, ove questa stessa lunghezza si divide in parti $m+1$, la differenza tra una parte della prima e seconda divisione sarà $\frac{A}{m} - \frac{A}{m+1} =$

$\frac{A}{m(m+1)}$. Così nella *fig.* 59 la stessa lunghezza trovasi divisa in 9 e 10 parti eguali, e la differenza tra una parte e l'altra delle due divisioni è espressa da 9×10 , o da 10×11 , ed in generale da $1/100$, e tra due, tre, ec., parti sarà due, tre, ec., centesime. Che se in luogo di dividere la stessa lunghezza per 9 e per 10 si dividesse per 49 e 50, la differenza delle parti risulterebbe non che di centesime, ma di millesime.

Per adoperare il nonio si porta la sua estremità superiore per mezzo di una vite giusto all'altezza del mercurio nel tubo, e si osserva se l'estremità del nonio coincide o no con una delle linee della scala barometrica. Se coincide, allora l'altezza del barometro non ha centesimi, ma solo pollici e decimi di pollici, o sia linee. Ma se non coincide, allora oltre i pollici e le linee avvi una piccola elevazione del mercurio interposta tra linea e linea, e questa piccola elevazione si valuta in centesimi e millesimi. E ciò si fa guardando quale linea del nonio combacia con quella della scala; perchè se è la seconda, la terza, ec., si hanno due, tre, ec., centesimi, o pure si hanno coi centesimi i millesimi. Sulla scala adunque si leggono i pollici e le linee, che son decimi di pollice, e sul nonio i centesimi e millesimi.

230. Ma sarebbe inutile tutta questa esattezza, se prima non si stabilisse certa, costante e nel medesimo piano orizzontale la linea che chiamasi di livello, ch'è indicata dalla superficie del mercurio che sta nel pozzetto, perchè in questa linea è posto lo zero della scala barometrica, o sia il principio da cui si computa la scala. E come una sì fatta linea può variare collo scendere del

mercurio nel pozzetto, o col salire dal bagno nel tubo; così ad evitare questo inconveniente si fa il fondo del pozzetto di pelle, che diventando mobile si può per mezzo di una vite *M* (*fig.* 65) innalzare o abbassare. Ed affinchè si possa con precisione sapere di quanto si debba girare la vite per alzare e abbassare il fondo mobile, si suole apporre sulla superficie del mercurio un piccolo galleggiante di avorio, ch'emergendo al di fuori mostra per mezzo di una linea in esso segnata, quanto si è da abbassare o innalzare il fondo mobile per trovare esatta la linea di livello. Si ha poi un segno certo di trovarsi il galleggiante al suo livello, allorchè la sua linea di mezzo coincide colle due linee in *o* e in *c* (*fig.* 65). Altri mezzi oltre a quello del galleggiante si sogliono adoperare, che si possono leggere nel tomo I del *Compendio di Fisica* del Biot, pag. 191.

231. Nell'osservare l'altezza barometrica si deve ancora tener conto non già della temperatura dell'aria, ma di quella cui è sottoposto il mercurio, che si ricava da un termometro apposto nella incassatura del barometro, come si vede nella *fig.* 64. Poichè variando la temperatura viene a variare il volume del mercurio nel tubo; e 'l calore, che lo dilata, lo rende meno pesante sotto un volume eguale. Si può quindi a cagione della temperatura, supposta la pressione medesima, valutar questa più o meno di quella che è in realtà. Però si è convenuto di ridurre tutte le osservazioni ad una temperatura medesima, qual è quella di 0°C.; la qual cosa si fa ottimamente sottraendo dalla lunghezza della colonna mercuriale $\frac{1}{5550}$ per ciascun grado della temperatura

sopra lo zero; giacchè si è conosciuto che di una sì fatta quantità si amplia il volume del mercurio per ciascun grado centesimale cominciando da 0° . Che se la temperatura del barometro fosse sotto 0° , allora in luogo di sottrarre si dovrebbe aggiungere $1/5550$ per ciascun grado sotto lo 0° .

232. Se i tubi barometrici sono molto stretti o almeno hanno un diametro minore di due centimetri, allora esercitano la capillarità, e 'l mercurio per questa ragione si tiene alquanto più basso (V. tomo I, cap II); e indica così una minor pressione dell'atmosfera. Indi è che l'altezza del mercurio deve allora correggersi dell'effetto della capillarità, ed a ciò fare si hanno delle tavole che somministrano le correzioni per ciascun diametro del tubo, che si possono vedere nel tomo I del *Trattato di Fisica* del Biot. Ma a togliere l'impaccio di sì fatta correzione si è formato il tubo a due braccia, l'uno più corto e l'altro più lungo, che chiamasi a *sifone*. Allora la colonna del mercurio nel braccio più corto e l'altra nel braccio più lungo tende per la capillarità a discendere con forze eguali e contrarie, e non producono effetto alcuno. La lunghezza poi della colonna barometrica per tale costruzione è misurata dalla differenza delle due colonne nelle due braccia. Gay-Lussac ha ridotto a gran perfezione il barometro a sifone, e l'ha reso comodo e portatile per i viaggiatori. Ciò che più d'ogni altro è degno di essere osservato, egli è che ha chiuso le due estremità del tubo, e l'aria penetra per via di un orifizio rientrante e capillare, affinchè mentre essa entra non possa il mercurio scappare.

233. Siccome la colonna dell'atmosfera quanto è più breve,

tanto meno pesa; così un barometro condotto sopra la cima de' monti, o sopra un pallone aerostatico, equilibrandosi con una colonna d'aria che pesa meno, potrebbe coll'abbassarsi del mercurio indicare l'elevazione e l'altezza del luogo. Per questo altro non è necessario che comparare nel medesimo tempo le altezze di due barometri, l'uno situato alla superficie della terra a livello del mare, e l'altro ad un'eminenza qualunque; perciocchè dalla differenza delle altezze di questi due barometri si argomenta la differenza delle pressioni delle due colonne atmosferiche, l'una meno e l'altra più lunga, e dalla differenza di sì fatte pressioni si può ricavare l'elevazione di un'eminenza qualunque sulla superficie della terra. Ma come non si possono osservare i barometri nelle alture senza che corrano rischio di rompersi nel trasporto; così han pensato i fisici di custodire il barometro come *EF* (*fig. 65*) in un involucri, e in mezzo a' tre piedi mobili *A, B, C*, che chiusi lo racchiudono e preservano dagli urti, e quando sono aperti servono a sospenderlo in aria nel modo che si vede nella stessa figura.

234. La misura delle altezze per mezzo de' barometri ha per fondamento la legge di Mariotte (num. 130), dalla quale abbiamo ricavato che poste altezze dalla superficie della terra in progressione aritmetica, le densità degli strati corrispondenti van decrescendo in una progressione geometrica (num. 142). E come è noto che i logaritmi sono de' numeri in progressione aritmetica, che corrispondono a' numeri in progressione geometrica; così l'altezza dell'atmosfera al di sopra di uno strato qualunque d'aria

può essere riguardata come il logaritmo della sua densità. Anzi essendo la densità di uno strato aereo indicata dall'altezza del mercurio nel tubo barometrico; egli è chiaro che l'altezza dell'atmosfera sopra il luogo dell'osservazione può essere riguardata come il logaritmo dell'altezza della colonna barometrica. Si doveva quindi stabilire una tavola di logaritmi secondo questo sistema per ottenere per mezzo del barometro le altezze. Ma per risparmiarsi la fatica di costruire una sì fatta tavola, si rivolsero i fisici a cercare una quantità costante, che moltiplicata per li logaritmi ordinarij ci somministrasse, non altrimenti che quella tavola, le altezze. Questo fattore costante fu da prima ricavato dalle misure trigonometriche delle altezze; poichè De-Luc osservando che alla differenza de' logaritmi 0,0118380 corrispondea per misure trigonometriche l'altezza di 710 piedi, stabilì la proporzione $0,0118380:710 ::$ la differenza di altri due logaritmi espressa, a cagion d'esempio, da $0,0215651 :: X$. E come i primi termini sono costanti e si possono ridurre a più semplice espressione facendoli 1:60000 piedi, che in tese sono 10000; così basta moltiplicare 10000 tese per la differenza de' logaritmi 0,0215651, ossia separare con una virgola quattro cifre da questo logaritmo, per ricavarne l'altezza ricercata in tese e in decime di tesa.

235. De-Luc si accorse che un sì fatto calcolo avea bisogno di due correzioni; l'una per cagione della temperatura de' barometri, e l'altra per cagione della temperatura dell'aria. Poichè quando sono da misurarsi le altezze de' monti, un barometro è da osservarsi a livello del mare, e l'altro alla cima dei monti, ed

in queste due stazioni diversa è la temperatura de' barometri e diversa è quella dell'aria. In virtù della prima il mercurio si dilata più o meno nelle due stazioni, e questa ineguale dilatazione cagiona un errore nell'altezza delle colonne mercuriali. Indi è da ridursi a zero la temperatura del mercurio così nella prima come nella seconda stazione per via di un termometro ch'è attaccato a ciascuno de' due barometri, e nel modo che da noi si è dichiarato nel num. 231. Diversa poi essendo la temperatura dell'aria nelle due stazioni, non può aver più luogo la legge di Mariotte, che suppone eguale la temperatura (num. 141) nella massa dell'aria. È quindi da introdursi una novella correzione, e da ridursi l'aria alla medesima temperatura, il che si ottiene supponendo la legge con cui decresce la temperatura in una colonna verticale atmosferica, che si parte dalla terra, per una progressione aritmetica lentissima, e poi pigliando la media aritmetica tra le due temperature delle due stazioni, che si ricavano da' termometri liberi, che si osservano in ciascuna di quelle due stazioni. Per lo che tutte le formole dopo De-Luc, che sono state prodotte dal Sukuburg, Maskeline, Trembley e da altri, sono soprattutto intente a segnare nuove correzioni da farsi per le temperature, e a stabilire al più un coefficiente costante ricavato da nuove misure trigonometriche.

236. La Place fu il primo che, guidato da principj teorici, venne dimostrando che il coefficiente costante è da ricavarsi dal rapporto delle gravità specifiche dell'aria secca e del mercurio;

ma come questo rapporto non era stato ancor definito con esattezza, così fu ritratto quel coefficiente dalle misure barometriche e trigonometriche del Ramond nella quantità di 18336. Vennero poi Biot ed Arago, e stabilirono, con quell'esattezza che maggiore si può, il rapporto tra le gravità specifiche dell'aria secca e del mercurio alla temperatura 0° e sotto la pressione di $0^m,76$; e però poterono conchiudere da questo rapporto quel coefficiente in 18334.

237. La-Place corresse le variazioni della temperatura giusta l'esperienze di Gay-Lussac; cioè a dire valutando la densità dell'aria a 0° per 1, e poi per ciascun grado 0,00375 (num. 182), di modo che chiamando t la temperatura, si avrà $(1+0,00375t)$, e modificando il coefficiente di t per cagione dell'umidità, lo ridusse 0,004. In questo modo pigliando la media aritmetica tra le temperature T e t delle due stazioni (num. 235), si ha $\left(1 + 0,004 \frac{T+t}{2}\right) = \left(1 + 2 \frac{T+t}{1000}\right)$.

238. Si sapea oltre a ciò, per l'esperienze di Gay-Lussac, che il mercurio (tomo I, pag. 214, §262) si dilata egualmente da 0° a 100° , e si conosceva dall'esperienze di Lavoisier e La Place che questa dilatazione è $1/5412$ per ciascun grado⁷⁵. Per lo che pigliando la differenza de' due termometri attaccati $T't'$ (num.

⁷⁵Dulong e Petit in seguito, con esperienze più accurate, hanno determinato la dilatazione del mercurio per ogni grado centigrado di $1/5550$, come ammette anche l'Autore al § 231.

— *Gli Editori.*

231), si deve moltiplicare per $1/5412$. E come la temperatura t' della stazione superiore sempre è più fredda di quella dell'inferiore; così la colonna del mercurio h in quella stazione si è contratta di $1/5412$ per ciascun grado della differenza delle due temperature. Volendosi adunque la colonna di mercurio h ricondurre a quella che sarebbe nel caso di una temperatura uniforme, sarà

$$h + \frac{h(T'-t')}{5412} = h \left(1 + \frac{T'-t'}{5412} \right).$$

239. Introdusse finalmente La Place due correzioni relativamente alla gravità. La prima riguarda la latitudine, giacchè si sa che la gravità cresce dall'equatore a' poli, e questa prima correzione esprime per $(1+0,002837 \cos 2\Psi)$, chiamando Ψ la latitudine. La seconda riguarda l'elevazione in linea perpendicolare, giacchè i gravi pesano meno quanto più si allontanano dalla superficie della terra; e questa seconda correzione indicò per i fattori $1 + \frac{2r}{a}, \dots, 2\log \left(1 + \frac{X}{a} \right), \left(1 + \frac{X}{a} \right)$, rappresentando r l'elevazione della stazione inferiore sul livello del mare, a il raggio della terra = 6366198 metri, X la differenza di livello tra le due stazioni o l'altezza che si cerca. E però la formola si riduce a $X = 18334(1 + 0,002837 \cos 2\Psi) \times \quad \times \left(1 + \frac{2r}{a} \right) \left(1 + 2 \frac{T+t}{1000} \right) \left(1 + \frac{X}{a} \right) \times \quad \times \left\{ \log H - \log h \left(1 + \frac{T'-t'}{5412} \right) + 2\log \left(1 + \frac{X}{a} \right) \right\}$. Per lo che facendosi $\frac{X}{a}$ nel secondo membro eguale a zero, perchè a è il raggio della terra, o sia una quantità

molto grande, si ha il valore dell'altezza X , che differisce dalla vera di una quantità incalcolabile.

240. Questa formola è stata ridotta a $X = 18393(1 + 0,002837 \cdot \cos 2\Psi) \left(1 + 2 \frac{T+t}{1000}\right) \times \times \left[\log H - \log h \left(1 + \frac{T'-t'}{5412}\right)\right]$; e nel far questa riduzione si è involupata col coefficiente costante la correzione da farsi per la gravità, che diminuisce a cagione dell'altezza; il che facilita il calcolo e non offende l'esattezza, se la latitudine del luogo non è molto distante da quella di 45° , e l'altezza è minore di 2500^m o 3000^m . E per meglio comprendere l'uso di questa formola recheremo qui la misura del monte Pellegrino presso Palermo.

Stazioni	Barometro	Termometro attaccato	Termometro libero
Torre	cent. $H = 76,8276$	centig. $t' = 17^\circ,722$	$t = 16^\circ,333$
Spiaggia	$h = 71,5537$	$T' = 26^\circ,972$	$T = 22^\circ,194$
		$T' - t' = 9^\circ,25$	$T + t = 38^\circ,527$

Valutando la latit. di Palermo per $38^\circ 7'$ si ha:

$$L(1 + 0,002837 \cdot \cos 76^\circ 14') = L 1,000675 = 0,0002930$$

$$\begin{aligned}
& L \left(1 + \frac{2 \times 38^{\circ}, 527}{1000} \right) & = L \, 1,077054 = 0,0322375 \\
& L \left(L76,8276 - L71,5537 \left(1 + \frac{9^{\circ}, 25}{5412} \right) \right) = L \, 0,0301436 = \\
& 8,4791937 \\
& L \text{ const. } 18393 & \underline{\hspace{1.5cm}} = 4,2646526 \\
& & L X = 2,7763768 \\
& & = 597^m, 55.
\end{aligned}$$

(V. la nota 8. della *Topografia di Palermo*.)

241. È da avvertire che i barometri e i termometri debbono essere comparati tra loro prima di fare le osservazioni nelle due stazioni, l'una superiore e l'altra inferiore, per vedere se sieno d'accordo e in che differiscono. È da prender cura oltre a ciò che il tempo delle osservazioni sia quanto si può calmo e tranquillo, giacchè il vento suol perturbare l'altezza del mercurio. Finalmente ove si volessero evitare i calcoli della formola già dichiarata, si potrebbero consultare le tavole barometriche dell'Oltmanns stampate in Genova dal Ponthenier, coll'ajuto delle quali per via di qualche somma o sottrazione si trova subito l'altezza corrispondente⁷⁶.

⁷⁶L'opera che qui cita l'Autore è stata compilata dal barone di Zach ed ha per titolo: *Nuove Tavole barometriche e logaritmiche*, ec., ediz. II. Genova, Ponthenier, 1818. Possono servire allo stesso scopo le *Tavole pel calcolo delle altezze barometriche di Francesco Carlini*. Milano, 1823. Stamperia Reale. — *Gli Editori*.

242. Dalle osservazioni barometriche, che si sono istituite con gran diligenza, ci è venuto fatto di conoscere che la pressione dell'aria, e perciò l'altezza del barometro è sottoposta a molti periodi regolari di elevazione e di abbassamento, che han luogo in certe ore e in certi giorni. Di che si è argomentato che ha luogo nell'aria atmosferica una maniera di flusso e riflusso. Di fatto si è notato che dansi nelle altezze barometriche delle oscillazioni orarie che sono periodiche, e risultano da due movimenti ascendenti e discendenti, di modo che in ciascun giorno si osservano due massimi e due minimi che alternano. In Francia, giusta le osservazioni del Ramond, il *maximum* di mattina è alle 9, e 'l *minimum* alle 4 dopo mezzodì, ed il *maximum* di sera alle 11, e 'l *minimum* alle 4 dopo mezzanotte. Ma tra i 25° lat. austr. e 55° latit. bor. si trova una differenza di quasi due ore nelle epoche de' massimi e minimi; giacchè il *maximum* di mattina non è in tutti i luoghi alla medesima ora, ma accade tra le 8 ½ e le 10 ½, e il *minimum* tra le 3 e le 5 dopo mezzodì, il *maximum* di sera tra le 9 e le 11, e il *minimum* tra le 3 e le 5 dopo mezzanotte. Ma il periodo diurno, al dir di Humboldt, è così costante tra i tropici, che si potrebbero conoscere le ore del giorno dalla sola osservazione dell'altezze barometriche. Però oggi i fisici scelgono con cura le ore delle osservazioni giornaliere del barometro; e in Ginevra, lasciata l'antica consuetudine, prendono oggi ad osservare il barometro alle 9 della mattina, ed alle 3 dopo mezzogiorno, come si fa a Parigi, perchè han veduto che queste ore sono più

opportune a conoscere il *maximum* e 'l *minimum* (Vedi *Bibliot. univers.* tomo XXXI, pag. 56–86, e l'estratto a pag. 123).

243. Si osserva da per tutto che le variazioni si rallentano allorchè le altezze barometriche giungono alternativamente al loro *maximum* o *minimum*, e in alcuni luoghi della terra il barometro si manifesta stazionario per un tempo notabile; sonosi quindi distinte le ore o gl'istanti de' massimi e minimi *veri* ed *apparenti*, chiamandosi apparente l'epoca in cui il barometro cessa per i nostri sensi di montare o di abbassare, e vera quella che risulta dalla metà del tempo in cui il barometro si è osservato stazionario. Così il barometro giunse alle 3 di mattina al *minimum* 29^p,96, e restò in questo abbassamento alle 4, alle 6, e sino alle 6 30', e poi alle 7 si vide montare a 29^p,97; in tal caso l'epoca apparente del *minimum* è alle 3, ma la vera risulta dalle ore $\frac{3+6\frac{1}{2}}{2} = 4^{\text{or}}45'$. Ora ne' tropici basta un giorno ed una notte, secondo Humboldt, per conoscere le *ore limiti*, ossia istanti in cui le oscillazioni barometriche giungono al *maximum* e *minimum*; ma nella zona temperata si può ravvisare coll'ajuto delle medie di 15 o 20 giorni, perchè molte cause locali o accidentali influiscono a turbare e mascherare il periodo.

244. L'estensione di queste variazioni è ineguale. Camminando dall'equatore verso le regioni polari si trovano le differenze delle altezze barometriche dalle 9 della mattina alle 4 dopo mezzogiorno per le latitudini 0° a 20° di 2^{mm},5 e 3^{mm},0; per le lat. 28° a 30° di 1^{mm},5; per le lat. 43° a 45° di 0^{mm},2. E in generale ne' massimi di sera il mercurio è un poco meno elevato che in quelli

di mattina.

245. Oltre le variazioni diurne vi hanno le mensuali, che nelle diverse zone sono differenti, come si può ricavare dal tomo IX del *Viaggio alle regioni equinoziali del novello continente* di Humboldt e Bonpland. Quel che reca meraviglia, egli è che sinora non si è potuto ritrarre delle osservazioni alcuna influenza sensibile della luna sulle oscillazioni dell'atmosfera; e pare che sien queste dipendenti dal sole che opera come astro calorifico, non già per la sua massa ossia per attrazione. Ma anche in questo senso non si è giunto ancora a spiegare come i due minimi barometrici accadano nelle epoche le più calde e le più fredde del giorno e della notte. Per lo che i fisici al presente sono intenti a raccogliere le variazioni orarie del barometro per instabilirne i periodi e la quantità, onde possano in appresso assegnarne con fondamento la spiegazione⁷⁷.

DELL'EUDIOMETRO

246. Conoscendosi che l'ossigeno dell'aria mantiene la vita degli uomini e degli animali, intesero i fisici a determinarne la quantità che trovasi nell'aria che si respira, per mezzo di uno strumento chiamato *eudiometro*, che significa misura della buona

⁷⁷Intorno a questo argomento può consultarsi l'opera *Sulla legge delle variazioni orarie del barometro. Memoria di Francesco Carlini* inserita nel tomo XX degli Atti della Società italiana di Modena, 1828. — *Gli Editori*.

qualità dell'aria⁷⁸. Tra i mezzi che si sono posti in opera il primo fu quello di Fontana⁷⁹, che consiste nel mescolare una quantità d'aria e di gas nitroso nel modo che si osserva nella *fig.* 68. Il tubo graduato *FN* riposa colla sua estremità inferiore aperta sull'acqua del vaso *AB*, e questo tubo è pieno d'aria atmosferica. Il tubo graduato *OP* è pieno di gas nitroso, e come si apre la chiave *M* il gas nitroso scorre pel tubo ricurvo *aaa*, e si va a mescolare coll'aria atmosferica racchiusa in *FN*. Per lo che non avendo il gas nitroso alcuna affinità per l'azoto, ed essendone al contrario fornito per l'ossigeno, nel mescolarsi si assorbe l'ossigeno e lascia intatto l'azoto. Si forma così l'acido nitroso che si scioglie nell'acqua, e per mezzo della graduazione si vede la quantità dell'ossigeno che manca, e quella dell'azoto che resta in *FN*. Ma questo eudiometro sebbene sia stato corretto dal Dalton, porta seco molte inesattezze ed imperfezioni, e si è perciò abbandonato (Vedi Berthollet, *Stat. Chim.* § 249).

⁷⁸Da *eudios* vocabolo greco che significa *salubrità*, e da *metron* misura. Il primo ad introdurre nella fisica una tal parola fu Landriani (*Ricerche fisiche intorno la salubrità dell'aria*. Milano, 1775, pag. VIII e 6). — *Gli Editori*.

⁷⁹Il primo eudiometro a gas nitroso fu immaginato da Landriani, anche per attestazione dello stesso Fontana (Vedi l'opuscolo citato, pag. 76). — *Gli Editori*.

247. Al gas nitroso furono sostituiti i solfuri alcalini o terrosi liquidi preparati di recente, o pure de' mescugli di limatura di ferro e zolfo ridotti a pasta per via dell'acqua. E come l'ossigeno si unisce a' solfuri; così dalla diminuzione del volume dell'aria si argomentava la misura del gas ossigeno. Ma perchè si vide che con sì fatti solfuri doveasi impiegare gran tempo ed eziandio più giorni; così a togliere un sì fatto inconveniente fu posto in opera il solfuro di calce liquida saziato prima di azoto.

248. Fu proposto al par de' solfuri il fosforo nel modo che si osserva nella *fig. 67*. *SFG* è il vaso pieno d'aria atmosferica, in cui introduce si il fosforo; e questo si brugia per via della candela *L*. E come il fosforo bruciando si combina coll'ossigeno dell'aria; così dall'acqua, che sottentra nel tubo graduato *GF*, si misura l'ossigeno consumato, ossia la quantità del gas ossigeno ch'era unito all'aria racchiusa nel vaso. Ma come in questa guisa ha luogo una rapida combustione che cagiona molte inesattezze; così Berthollet sostituì alla rapida una lenta combustione del fosforo, e a un tubo largo un altro più stretto; e ciò non pertanto non più oggi è in uso, perchè non vale a determinare le piccole quantità dell'ossigeno, e perchè il fosforo opera anche sull'azoto (Vedi la Memoria di Humboldt e Bonpland sul *Gymnot. elettr.* pag. 105).

249. Finalmente Volta immaginò l'eudiometro a gas idrogeno, siccome si vede nella *fig. 66*. S'introduce il gas idrogeno nel tubo *TC* in cui è l'aria atmosferica, e facendo passare una scintilla elettrica dal filo di ferro *c* in quello di *a*, si accende il gas idrogeno,

e combinandosi l'ossigeno dell'aria coll'idrogeno si osserva la quantità del gas ossigeno che manca, ch'era quella appunto la quale trovavasi nell'aria. Questo eudiometro è oggi quello che credesi il migliore; ma si mette in opera nel modo che si osserva nella *fig.* 55. Questo strumento è formato da un tubo di vetro grosso e resistente, aperto al disotto, e chiuso al disopra con un turaccio di rame giallo. Porta dentro un filo di rame avvolto a spira, lungo quanto il tubo, e terminato nella sua parte superiore da una palla; e 'l tubo si riempie d'acqua. Indi dopo aver misurato con tutta l'esattezza l'aria comune e 'l gas idrogeno, s'introducono successivamente nell'eudiometro, e si accende il miscuglio per via di una scintilla elettrica che si tira da una boccia di Leida. Si divide in fine per 3 tutta la quantità del volume gazzoso consumato coll'accensione, e questo quoziente somministra, siccome si può ricavare dal num. 220–21, la proporzione e quantità del gas ossigeno. Con questo artificio si è fatta l'analisi dell'aria atmosferica. Poichè se ne sono prese cento parti, e da queste prima si è estratto il gas acido carbonico per mezzo del contatto prolungato coll'acqua di calce, e poi per via del raffreddamento il vapore acquoso. Queste cento parti si sono mescolate con cento parti di gas idrogeno, e colla scintilla elettrica se n'è prodotta la combustione; dopo di che sonosi trovate 137 parti gazzose e 63 assorbite, dalle quali si è ottenuto un poco d'acqua. Le parti assorbite risultano, pel numero citato, da 21 di ossigeno appartenente all'aria atmosferica, e 42 di gas idrogeno. Introducendo in quel residuo 29 parti di ossigeno, queste bastano per assorbirne

58 d'idrogeno: di fatto infiammando questo secondo miscuglio, si vede che restano 79 parti di gas azoto. Di che si è ricavato che in cento parti d'aria atmosferica erano 21 di ossigeno e 79 di azoto.

250. Ciascun vede che nell'usare di un sì fatto eudiometro è da tenersi conto esattissimo della misura de' gas, della pressione dell'atmosfera che altera la loro densità, della temperatura, ed eziandio della pressione ch'esercita l'acqua che sottentra nel tubo. Ma ancorchè si mettano in opera tutte quelle diligenze e correzioni che maggiori si possono; pure l'eudiometro ci potrà somministrare la quantità del gas ossigeno, e non mai la salubrità dell'aria. Poichè esaminata l'aria degli spedali, delle carceri, delle navi, de' teatri e delle paludi, non si è trovata mancante di ossigeno, sebbene fosse insalubre, anzi talvolta micidiale. Però l'eudiometro è riguardo all'aria uno strumento di analisi, e non già una misura di salubrità.

251. Sfuggendo i miasmi morbosi, che infettano l'aria, alle nostre ricerche, non possiamo conoscere se non per esperienza, e dirò così per prova l'azione venefica dell'aria. Ma per buona fortuna sonosi scoperte le fumigazioni acide e 'l cloro, che sono capaci di togliere dall'aria ogni infezione. Altro non è da farsi che mescolare in un vaso aperto, esposto ad un moderato calore, del perossido di manganese, dell'idroclorato di soda, e dell'acido solforico alquanto dilavato, per isprigionare il cloro in istato di gas, il quale è tosto atto a disinfettare una stanza. A tale oggetto si sono formate le boccette che si chiamano *antipestilenziali*, che

sono portatili, le quali racchiudendo quel mescuglio, svolgono il cloro e riescono utili ne' viaggi. Se i nostri medici avessero tenuto presenti nel 1822 la qualità e l'energia del cloro, non si sarebbero certo opposti a dissotterrarsi i cadaveri da' sepolcri della parrocchia della Kalsa in Palermo, allorchè il Governo volea, siccome si fece senz'alcun pericolo, spianare quella chiesa ch'era cadente.

DELL'ATMOMETRO

252. L'*atmometro*, siccome si osserva nella *fig.* 78, è destinato a misurare la quantità dell'evaporazione per l'abbassamento o disparizione di una colonna d'acqua. Questo strumento è formato da una palla di terra porosa da vasajo, cui è congiunto un tubo stretto di vetro distinto d'alto in basso in divisioni eguali. La palla suole avere uno, due e per lo più tre pollici di diametro, e ciascuna divisione del tubo contiene la quantità del liquido necessaria per ricoprire tutta la superficie della palla di uno strato di acqua, che avrebbe un millesimo di pollice per ispessezza.

253. Prima di adoperare questo strumento se ne dee asciugare la palla, e poi esporlo fuori delle stanze in un luogo in cui possa libero sortire il contatto dell'aria. In questo modo l'acqua trasuda dalla palla porosa in quantità esattamente eguale a quella che può essere evaporata, e la diminuzione che ne avviene è misurata per mezzo del tubo, in cui l'acqua discende a proporzione. E come la dissipazione dell'umidità è molto accelerata dall'azione de' venti, che talora l'aumentano di cinque e sino di dieci parti; così per mezzo dell'*atmometro* si giunge eziandio a misurare la celebrità del vento, poichè l'azione dell'aria tranquilla è valutata eguale

all'effetto prodotto dalla celerità di un vento, che corre otto miglia per ora. Esponendo adunque in tempo di gran vento due atmometri, l'uno alla corrente dell'aria e l'altro a riparo, si può di leggieri conoscere la celerità del vento. Così se nel luogo riparato l'acqua si abbassa in un'ora di due divisioni, e nell'esposto all'aria di dodici, si dirà, 2:10 (effetto addizionale del vento) :: 8 miglia:X = 40 miglia⁸⁰.

DELL'IGROMETRO

254. Sebbene non si abbia alcun corpo che del tutto privo sia di qualche affinità per l'acqua; pure in alcune sostanze si manifesta così piccola, che comparisce nulla o insensibile, ed in altre così notabile che possono servire di igroscopiche, ossia d'indici dell'umido. Tali sono il legno, le ossa, l'avorio, i capelli, la carta, la pergamena, le barbe delle spighe, le corde di minugia e di canape, i sali solubili, la più parte degli acidi, l'argilla ed altri simili. Ora di uno o dell'altro di sì fatti corpi hanno usato i fisici per misurare la quantità dell'umido dell'aria, e ne han formato degl'*igrometri*; ma tra questi sono stati, più che gli altri, degni di fiducia due, l'uno ad osso di balena del De-Luc, e l'altro a capello

⁸⁰I risultamenti che si ottengono coll'atmometro potranno servire di termini di confronto per quelli che si possono dedurre colle dottrine esposte dall'Autore ai §§ 181 e 182, e nella nostra *Appendice* alla pag. 172 e seguenti. — *Gli Editori.*

del Saussure⁸¹.

255. L'igrometro a capello è rappresentato nella *fig. 70*, in cui il corpo igroscopico è un capello ch'è stato prima spogliato di ogni untume, che ritiene nello stato naturale, per mezzo di una debole soluzione di potassa. Il capo o l'estremità superiore del capello è fermata da una pinzetta, e scendendo per *ff* è teso da un piccolissimo peso ch'è attaccato alla sua estremità inferiore. Questo capello passa per una puleggia mobilissima *ca*, che porta un ago, la cui punta *c* gira lungo l'arco graduato *b, b'*. In questo modo quando il capello si accorcia o si allunga gira la puleggia, e con questa l'ago, che scorrendo sull'arco graduato mostra di quanto si è allungato o accorciato il capello, ossia segna i diversi gradi di umido o di secco.

256. I punti estremi di perfetta umidità o di siccità assoluta sono stati definiti senza stento dal Saussure. Poichè metteva prima l'igrometro sotto una campana, in cui l'aria era stata disseccata dagli alcali e dal muriato di calce, ed ivi lasciavalo finchè il capello più non si accorciava, ed in questo punto segnava zero, ossia siccità estrema. Trasportava poi lo stesso igrometro sotto una campana piena d'aria umida, le cui pareti erano bagnate d'acqua. Quivi il capello si allungava, e quando restava stazionario segnava 100, ossia l'altro limite dell'estrema umidità. Segnati quindi

⁸¹Questi due igrometri sono ad assorbimento (Vedi la nota al § 180). — *Gli Editori*.

questi due punti, dividea l'arco in cento parti eguali, e la scala era finita.

257. Nella stessa guisa segnava il De-Luc la scala del suo igrometro, che risulta da un filo di osso di balena. Solamente per determinare l'umidità estrema immergea il suo strumento nell'acqua, e lasciavalo immerso finchè l'osso di balena non più si allungava.

258. Per comprendere in che modo l'igrometro segna i gradi di umido e di secco, è da sapere che quando il capello o l'osso di balena è posto all'aria, allora è sospinto da due forze contrarie; l'una è quella del calorico che vuol ridurre l'acqua, che trovasi nel corpo igroscopico, allo stato di vapore, e l'altra è quella dell'affinità che sollecita il corpo igroscopico a ritenere l'acqua. Ora queste due forze si possono vincere a vicenda secondo che l'una o l'altra prevale, o pure equilibransi. Quando vince la forza del calorico, l'acqua si riduce in vapore, e 'l capello perdendone si raccorcia. Quando al contrario l'affinità prevale, il capello assorbe l'umidità dell'aria e si allunga. Resta in fine stazionario, o sia non si accorcia nè si allunga, quando le due forze sono in equilibrio, e in tale stato si forma l'equilibrio igrometrico. Ma se, restando l'igrometro stazionario, si alza o si abbassa la temperatura, allora cangia lo stato dell'igrometro, perchè l'una o l'altra delle due forze calorico ed affinità viene a prevalere coll'aumento o diminuzione della temperatura. Per lo che l'equilibrio igrometrico è mobile, e dipende dallo stato termometrico. È solo da notare che in tali vicende dell'igrometro le due forze tendono da

sè all'equilibrio. Poichè come il calorico va riducendo l'acqua in vapore tanto più va crescendo la forza dell'affinità per l'acqua residua, ed al contrario quanto più il capello si sazia di umido tanto più decresce l'affinità. Sicchè le due forze crescendo e decrescendo vengono naturalmente a ridursi in equilibrio.

Secondo questi principj l'allungamento del capello o dell'osso di balena indica che questo o quello ha pigliato umido dall'aria; e l'accorciamento al contrario, che l'uno o l'altro ne ha somministrato all'aria. Lo stato poi di riposo fa segno che il capello o l'osso è giunto sino all'equilibrio igrometrico.

259. Riflettendo alla perfezione dell'igrometro a capello, è prima di ogni altro da recare innanzi che per la sua piccola massa e sottigliezza riesce molto sensibile, si allunga di $1/50$ nella massima umidità; e in tale stato l'umidità che piglia dall'aria è così piccola, che non si può ravvisare dalle nostre bilance, e non altera in alcun modo sensibile lo stato igrometrico dell'aria. In secondo luogo, è costante nelle sue indicazioni, perchè ritornando lo stesso stato di umidità, torna costantemente a segnare lo stesso grado. Finalmente non è da tacere che tra tutte le sostanze igroscopiche il capello mantiene più che altra per molti anni la sua qualità igrometrica, sebbene sia facile a rompersi, e voglia molte precauzioni e diligenza perchè si difenda da ogni ingiuria.

260. Con sì fatte qualità, che lo rendono pregevole, sono da prodursi alcuni principali difetti. Prima d'ogni altro è da notare che nell'accorciarsi o allungarsi il capello si hanno due effetti op-

posti, l'uno igrometrico e l'altro pirometrico. Poichè coll'abbassarsi la temperatura il capello si accorcia, e nello stesso tempo pigliando umido si allunga; di modo che l'allungamento del capello per umidità è diminuito dalla bassa temperatura che lo accorcia. Lo stesso contrasto in altro verso ha luogo quando la temperatura s'innalza; perchè il capello correndo al secco si accorcia, e per l'aumentata temperatura si deve allungare. Ma come di questi due effetti l'igrometrico è molto più sensibile; così non può risultare un errore notabile. Ciò non pertanto è da confessare che le variazioni dell'igrometro a capello sono meno sensibili di quelle che sarebbero nel caso che l'effetto pirometrico fosse nullo.

261. Ma il difetto principale egli è che le variazioni di questo igrometro non sono proporzionali all'umidità assoluta sparsa nell'aria. Verso la siccità estrema, a cagion di esempio, l'igrometro trascorre 3° per una sola unità di differenza nella tensione del vapore, e al contrario verso l'umidità estrema non cammina che di un solo grado per tre unità di differenza in questa medesima tensione. Il che risulta dalle leggi di affinità (num. 258). Quando l'igrometro oltre a ciò segna 75° a 0° temperatura, non significa che la quantità de' vapori sparsi nell'aria sia la medesima di quella che è quando segna 75° a 15° del termometro; ma solamente che ne' due casi il rapporto tra l'umidità dell'aria e l'umidità estrema è la medesima alla temperatura medesima.

262. Per togliere questi ed altri simili inconvenienti si sono dirizzate delle tavole, che sonosi ricavate da un gran numero di

esperienze dilicatissime. Saussure ha formato una tavola di correzioni (*Saggio sull'igrom.* n. 86 e seg.) che dà a conoscere quanto il capello pervenuto a tale o tal altro grado della scala si allunga o si accorcia, allorchè la temperatura si abbassa o s'innalza di un grado. Coll'ajuto di questa tavola si può facilmente dimostrare che quando l'igrometro segna 50° di umidità a 15°R. , l'aria è più umida che non è quando l'igrometro segna 56° alla temperatura 8°R. ; perciocchè nel caso che la quantità de' vapori fosse stata la stessa, l'igrometro, stando la temperatura 8°R. , avrebbe dovuto segnare $59^{\circ},8$. Ma lasciate da parte le tavole del Saussure, che non si reputano oggi esattissime, è stato già indicato nel num. 182 il metodo del Dalton, dal quale si può ricavare la quantità de' vapori nell'aria. Dobbiamo solamente qui accennare che il Wollaston in luogo di far precipitare l'umido dell'aria per mezzo di acqua fredda, come faceva il Dalton, adoperava l'evaporazione dell'etere che genera freddo⁸². Abbiamo in fine la tavola, dirizzata giusta le esperienze del Gay-Lussac, che ci mostra, posta la

⁸²Sullo stesso principio che serve per determinare il punto di rugiada (Vedi § 182, ed *Appendice*, pag. 171 e 172 [pag. *Errore: sorgente del riferimento non trovata e Errore: sorgente del riferimento non trovata della presente trascrizione elettronica Manuzio*]), si sono costruiti alcuni strumenti, i quali diconsi *igrometri a condensazione* (Vedi la nota al § 180). Uno dei migliori di questi igrometri, e che si usa per determinare la quantità di vapore acqueo diffuso in un dato spazio atmosferico (pag. 171 [pag.

Errore: sorgente del riferimento non trovata della presente trascrizione elettronica Manuzio]), è quello di Daniel. Esso è formato d'un tubo di vetro incurvato alla foggia di un U rovesciato, e terminato alle due estremità in due sfere, l'una di vetro annerito e l'altra di vetro comune. La palla nera è piena per metà di etere e contiene un picciolo termometro, la di cui scala entra nel ramo del tubo incurvato. Nel tubo non si trova che vapor etereo, essendosi espulsa l'aria atmosferica.

Per esplorare lo stato d'umidità dell'aria o d'un ambiente si versa dell'etere zolforico sull'altra sfera, ch'è involta in un pannolino, e si ripete l'operazione finchè l'umidità dell'aria si deposita sulla palla nera. Si osserva la temperatura che segna il picciolo termometro interno, al momento in cui viene a depositarsi il vapore sulla palla nera; questa temperatura è quella del punto di rugiada. Conosciuto questo punto, sarà facile a determinare la quantità di vapore contenuto in un dato spazio d'aria, colla formola che si è data superiormente (*Appendice*, pag. 172 [*pag. Errore: sorgente del riferimento non trovata della presente trascrizione elettronica Manuzio*]); come pure a valutare l'umidità apparente dell'atmosfera (*Appendice*, pag. 170–171 [*pagg. Errore: sorgente del riferimento non trovata–Errore: sorgente del riferimento non trovata della presente trascrizione elettronica Manuzio*]).

Il principio su cui è costruito questo igrometro è facile

temperatura costante di 10° C., la corrispondenza tra il grado dell'igrometro a capello, e la tensione del vapore aqueo ch'esiste nell'aria; di modo che conosciuto il grado dell'igrometro si può avere la tensione, e questa conosciuta, si va quello ritrovando. E sebbene questa tavola sia stata dirizzata per la temperatura di 10° C.; pure si può estendere senza un errore sensibile, al dir del Biot, ad altre temperature (V. Biot, *Trattato di Fisica*, tomo II, pag. 200 e seg.).

263. Leslie ha formato un novello igrometro, che in sostanza è una modificazione del suo termometro differenziale (tomo I, num. 295). Quest'igrometro si vede nella *fig.* 77, ed ha le due palle alla stessa altezza e rivolte in verso opposto. Queste due palle hanno il medesimo colore e la medesima opacità per allontanare quanto più si può l'influenza dell'azione del sole; ma l'una è nuda, e l'altra è guarnita di carta, ed esteriormente ricoperta di drappo di seta, la cui tinta diviene più forte quando è bagnata. Questa palla, ch'è coperta, si bagna da prima per mezzo di una

ad essere inteso: il raffreddamento della sfera nera è prodotto per l'evaporazione dell'etere in essa contenuto, evaporazione che vien promossa dal condensamento dello stesso etere che ha luogo nell'altra palla, la quale si raffredda pure coll'evaporazione dell'etere che si versa sulla sua superficie esterna. — *Gli Editori.*

barba di piuma con alcune gocce di acqua pura, e poi resta costantemente umida per mezzo di alcuni fili di seta cruda non torti, che giungono da una parte alla palla, e dall'altra sono immersi in un gran fiasco situato ad alcuni pollici di distanza, e pieno di acqua distillata. Questo stesso igrometro si è reso portatile col mettersi le due palle sopra una medesima linea verticale, e racchiudersi in un astuccio di avorio; ma allora si deve bagnare la palla coperta, ogni volta che si osserva, con poche gocce d'acqua.

264. Il principio su cui è fondato questo igrometro è facile a comprendersi; poichè l'acqua pura, che evapora, abbassa la temperatura della palla sino ad un certo limite in cui resta stazionaria. Ma ciò non ostante l'evaporazione non finisce, e si mantiene colla stessa attività; perchè l'aria ambiente somministra il calorico necessario, e tanto quanto ne perdette la palla per produrla da principio. Ora l'abbassamento della colonna del liquido nel tubo opposto indica la diminuzione della temperatura cagionata dalla formazione del vapore, e però il calore comunicato dall'aria alla superficie umida, ed in conseguenza segna l'umidità relativa dell'aria. Poichè saziandosi l'aria di umido al grado indicato dall'igrometro, quanto più o meno sono i gradi segnati da questo strumento, tanto più o meno è la siccità dell'aria. Sicchè i gradi dell'igrometro esprimono il calore comunicato dall'aria alla superficie umida, e sono la misura esatta della quantità del calore impiegato a ridurre in vapori quella porzione di umidità che si ricerca perchè l'aria medesima giunga colla saturazione alla sua

temperatura più bassa. Ma come in questo modo altro non si conoscerebbe che la siccità relativa dell'atmosfera; così venne Leslie⁸³ a determinare per mezzo dei gradi del suo igrometro la quantità assoluta di umidità, formando una tavola con che sono da correggersi le indicazioni di tale strumento; questa tavola si può leggere nel tomo XV del *Museum d'Hist. Nat.* pag. 280.

265. Non ci resta dopo ciò, che accennare il metodo recato dal La Rive, che consiste ad immergere la palla di un termometro sensibile nell'acido solforico, e poi ritirarnela; ma come è pieno d'inconvenienti, non è stato accolto da' fisici. Chi ne vuol contezza, potrà leggerlo nel tomo XXXVIII della *Bibliot. univ.* pag. 285.

Abbiamo voluto riferire più di questi strumenti igrometrici, perchè ciascuno resti persuaso che sinora non abbiamo un igrometro che possa misurare l'umidità con quell'esattezza che fa il termometro in riguardo al calore, che stendesì dal punto in cui la neve si fonde sino a quello in cui l'acqua bolle. Sicchè oggi, posti da parte gli altri igrometri, accordano i fisici la preferenza a quello del Saussure, come il più degno di pregio.

⁸³Nel testo cartaceo si legge "Deslie" qui e nelle altre occorrenze più avanti di questo capo VI (*nota per l'edizione elettronica Manuzio*).

DEL FOTOMETRO

Lasciando stare il termometro, di cui si è abbastanza parlato nel trattato del calorico, veniamo a indicare lo strumento con che si può misurare lo splendore della luce, che chiamasi il *fotometro*, ed è rappresentato nella *fig. 79*, secondo la costruzione del Leslie. Guardandolo ciascuno vede ch'è il termometro differenziale, di cui una palla è trasparente, e l'altra è stata soffiata in vetro o smalto nero. Però i raggi che cadono sopra la palla trasparente, la traversano senza ostacolo, e quei che colpiscono la nera si arrestano, sono assorbiti e comunicano calore. Nasce da ciò che il liquido colorato si abbassa nel tubo, e con questo abbassamento si misura l'intensità della luce. Di modo che si valuta il chiaror della luce dalla elevazione leggiera di temperatura che esso produce. Ma quando si osserva in piena aria, è da ricoprirsì il fotometro di una gabbia di vetro trasparente, affinchè si difenda dall'agitazione dell'aria. Poichè il venticello verrebbe ad accelerare la perdita del calore che fa la palla nera, e si verrebbe così a diminuire l'effetto totale prodotto dallo splendor della luce. Il fotometro di Leslie si fa anche portatile.

Il fotometro situato all'aria libera mostra agli occhi di tutti l'andamento della luce dallo spuntar dell'aurora sino al calore più elevato del giorno; e dopo questo istante ci mostra la diminuzione graduata della luce sino che sopraggiunga l'oscurità. Ci dà parimente a vedere che l'intensità della luce aumenta dal solstizio d'inverno sino ai calori più intensi della state, e che essa al con-

trario dicresce finchè arrivi l'inverno. Coll'ajuto ancora del fotometro si può comparare con un'esattezza numerica lo splendor della luce in differenti regioni della terra. La delicatezza di sì fatto strumento giunge a tal segno che ci accusa la diminuzione che i raggi provano quando sono riflessi, o pure quando traversano varie sostanze trasparenti; e può ancora servire a valutare l'intensità relativa di più lumi artificiali.

DELL'ETRIOSCOPIO

266. L'*etrioscopio*, che deriva da una parola greca la quale significa serenità o freschezza, è uno strumento che serve in piena aria a indicare le impressioni variabili di freschezza che sono in tutti i tempi inviate dalle regioni superiori dell'atmosfera verso la superficie del globo; ma in sostanza è la frescura che proviene dal raggiamento del calorico che fa la terra verso lo spazio. Questo strumento si vede nella *fig.* 80, dove le palle del termometro differenziale sono tra loro a maggiore distanza: l'una palla, ch'è dorata o pure inargentata, sta al disopra, e l'altra ch'è la trasparente o la sensibile, al disotto. Per difender questo strumento dall'influenza della luce e dall'azione dei venti, che ne potrebbero turbare le indicazioni, si collocano le palle nella cavità di una tazza metallica pulita e di forma sferoidale allungata, il cui grand'asse è verticale, e 'l cui fuoco inferiore è occupato dalla palla sensibile. L'orifizio della tazza è coperto d'ordinario da un coperchio del metallo medesimo di cui è formata la tazza, ed è egualmente pulito. Però quando si vuol cominciare l'osservazione si leva il coperchio, ed esposto lo strumento ad aria libera

in un tempo sereno, si nota l'elevazione che piglia il liquido colorato nel tubo che riesce nella palla sensibile. Poichè il calorico raggiante che si parte dalla palla sensibile raffredda l'aria di questa palla, e l'aria restringendosi più che non fa nella cavità della palla dorata, il liquido si eleva a più gradi, che sono notati in una scala che si estende a 90° o pure a 100° sopra lo zero, e a 10° a 15° al disotto.

267. Coll'ajuto di questo strumento si è osservato che la perdita del calore raggiante giunge al *maximum* quando il cielo è di un azzurro purissimo; diminuisce a misura che l'atmosfera si carica di nubi, e va al *minimum* allorchè le nebbie si avvicinano alla superficie della terra. In tali circostanze le impressioni, che Leslie chiama frigorifiche, o sia le perdite di calore sono generalmente un poco più grandi nel giorno che nella notte, e molto più sensibili nella state che nell'inverno. Sotto varie dimensioni e in modi diversi si forma l'etrioscopio, siccome si può vedere nel tomo e luogo citato del *Museum d'Hist. Nat.*, e riesce così sensibile, che il liquido si alza e si abbassa nel tubo ogni volta che passa una nube in un cielo puro e sereno.

DELL'ELETTROMETRO ATMOSFERICO

268. Saussure fu il primo che a misurare e conoscere l'elettricità dell'atmosfera mise in opera il suo elettroscopio (tomo I, num. 354). Avvitava prima sul cappelletto dell'elettroscopio una verghetta metallica aguzza e lunga circa due piedi, e poi posando lo strumento sulla palma della mano lo innalzava nell'aria, ed avea così segni certi e manifesti dell'elettricità atmosferica, sia

che questa si comunicasse all'elettroscopio, o pure operasse sul medesimo per influenza (*Viaggi all'Alpi*, tomo II, cap. 28). Volta di poi ridusse quest'apparato molto più energico ponendo un candelino o un zolfanello acceso sulla sommità della verga; perciocchè la fiamma diminuendo la coibenza dell'aria fa sì che l'elettricità scorra con più facilità nell'elettroscopio. Di che si è introdotto l'uso, per esplorare l'elettricità dell'atmosfera, d'isolare in cima di una canna una lanterna accesa; e sollevando in aria la canna accostare un filo di metallo che penda isolato dalla medesima ad un uncino della boccia di Leida. Dopo qualche tempo si tocca coll'uncino il condensatore applicato ad un elettroscopio, e si viene a riconoscere l'intensità e la qualità dell'elettricità che domina nell'atmosfera⁸⁴. Ma è da avvertire che i segni elettrici sono tanto più energici e manifesti quanto più si eleva in alto ad aria libera la canna.

269. Se in luogo della piccola elettricità che di ordinario ha luogo nell'atmosfera, o pure a ciel sereno, si voglia esplorare l'elettricità forte dei temporali, allora bisogna aver ricorso al *cervo volante* o ai *conduttori* chiamati frankliniani. Il cervo volante è una cometa simile a quella con che si trastullano i ragazzi, la quale in luogo di carta è formata di taffetà, e in luogo delle canne porta dei fili di ferro armati di punte, e si tiene in aria per mezzo di un

⁸⁴L'elettrometro o elettroscopio condensatore di Volta si fa conoscere nel tomo I, § 355. — *Gli Editori*.

filo di canape, cui sono attorcigliati de' fili delicati di ferro. In questo modo si lancia la cometa in aria, e alzandosi quanto più alto si può, attira dalle nubi il fluido elettrico, che scorrendo lungo i fili di ferro, che sono attorcigliati al canape, giunge sino al luogo in cui il filo comunica con un elettroscopio⁸⁵. Coll'ajuto del cervo volante riconobbe Franklin il primo l'elettricità delle nubi temporalesche. Sogliono oltre a ciò i fisici isolare sulla sommità di qualche edificio una verga metallica acuminata, ed a questa attaccando un grosso filo di ferro isolato, ne conducono l'estremità ne' loro gabinetti in contatto d'un elettrometro. A piccola distanza dell'estremità di questo filo è fissato il capo di un altro simile, che va ad immergersi nella terra in mezzo all'acqua, e dicesi *filo di salute*; affinchè per questo scaricar si possa l'eccessiva elettricità senza cagionare esplosione o danno agli osservatori. Ciò non pertanto è da ricordare che portandosi il Richman ad osservare uno di questi conduttori frankliniani restò colpito da un'esplosione elettrica, e divenne il martire dell'elettricità. Però molte sono le precauzioni da adoperarsi, ove si voglia il fisico rivolgere ad una tale maniera di osservazioni. Ma oggi si

⁸⁵Durante un tempo burrascoso si possono ottenere col mezzo del *cervo volante* delle scintille elettriche che balenano alla distanza di parecchi decimetri tra il capo della funicella e il suolo. — *Gli Editori*.

pensa di mettere in comunicazione un conduttore col galvanometro, siccome ha fatto il Colladon, per esplorare l'elettricità atmosferica (Vedi *Bibl. univ.* tomo XXXIII, pag. 72).

DE' FENOMENI ATMOSFERICI

270. Sciolta l'atmosfera, dirò così, nelle sue parti, e queste esaminate ad una ad una secondo lo stato delle nostre cognizioni, conviene ora raccoglierne e ricomporle per potersi spiegare i principali fenomeni che in essa succedono, che d'ordinario col nome si distinguono di *meteore*. Siamo oltre a ciò confortati alla dichiarazione di sì fatti fenomeni dalla conoscenza che già acquistato abbiamo delle proprietà della luce, del calorico e del fluido elettrico, che molto influiscono ad immutare e modificare lo stato dell'atmosfera, e alla formazione dei fenomeni atmosferici. Si può ad esempio recare il luogo apparente degli astri, e di altri corpi diverso dal reale, e l'apparenza chiamata il *miragio*, proveniente questa dall'azion del calorico e della luce, e quello dalla sola rifrazion della luce nell'atmosfera⁸⁶.

271. Passando la luce per gli strati diversi dell'atmosfera, che van crescendo di densità (num. 142), si rifrange, tranne il caso in cui i raggi cadono perpendicolari, giacchè allora passano senza torcersi in linea retta (tomo I, num. 118 e 119). E come l'occhio vede sempre giusta la direzione rettilinea che ha il raggio, battendolo; così avviene che gli astri stando allo zenit, si veggono nel

⁸⁶I Francesi chiamano il fenomeno, di cui qui fa cenno l'Autore, col nome di *mirage*, e che gl'Italiani appellano *fata morgana*. — *Gli Editori*.

luogo in cui veramente sono, e fuori dello zenit, in un luogo apparente, ch'è sempre più alto del reale. Indi gli astronomi debbono ridurre il luogo degli astri dall'apparente al reale, correggendo le loro osservazioni dall'alterazione che a queste ha cagionato la rifrazione. Ora stando il sole sotto l'orizzonte non si potrebbe da noi vedere; ma come i raggi sparpagliandosi per l'aria si torcono, giungono così agli occhi nostri, e vediamo il sole sopra l'orizzonte là dove non è; indi ha luogo l'aurora o 'l crepuscolo del mattino. Nella stessa maniera al tramontar del sole, trovasi questo sotto l'orizzonte, e pure da noi si continua a vedere, e succede il crepuscolo della sera. Di modo che il crepuscolo, l'apparizione degli astri o di un vascello, mentre questo e quelli sono ancora sotto l'orizzonte, e altre simili apparenze, come si può osservare nella *fig. 81*, sono tutti fenomeni che provengono dalla rifrazione semplice della luce negli strati inegualmente densi dell'aria atmosferica.

272. La *fata morgana* dà a vedere gli oggetti lontani interamente circondati di acqua, i villaggi appariscono come isole situate in mezzo ad un gran lago, e sotto ciascun villaggio, o un oggetto qualunque, si vede la sua immagine rovesciata, come realmente comparirebbe nell'acqua. Ma a misura che l'osservatore si avvicina all'oggetto o al villaggio, i limiti dell'inondazione apparente si ritirano, sparisce il lago, e l'illusione si riproduce per un altro oggetto o villaggio più lontano. Questo fenomeno si osserva in mare ne' tempi calmi, e specialmente nei piani aridi e sabbiosi, come sono quelli dell'Egitto, allorchè sono colpiti e riscaldati dal

sole: di fatto si osserva nelle ore in cui il sole ha forte riscaldato la terra, e però dilatato gli strati dell'aria che stansi in contatto col suolo. Monge è stato il primo che ha dichiarato un sì fatto fenomeno, e Wollaston di poi ha confermato coll'esperienza la spiegazione del Monge. Gli oggetti adunque lontani son veduti in prima per via de' raggi inviati direttamente all'occhio dell'osservatore, ed appariscono nella diritta posizione in cui sono; e se ne ha così l'immagine che chiamasi *diretta*. Ma quei raggi che vanno verso il suolo, penetrando in uno strato d'aria meno denso, perchè trovasi dilatato dal calore, sono rifratti in modo che si allontanano dalla terra, e per una sì fatta rifrazione giungono del pari all'occhio, e dipingono una seconda immagine che dicesi per *riflessione*. La prima immagine è superiore e diritta, perchè si vede a traverso lo strato superiore ch'è di una densità costante; e la seconda è inferiore e rovesciata, perchè si vede a traverso gli strati in contatto col suolo, che sono dilatati e di una densità variabile. E come questa seconda immagine vien circondata dall'immagine rifratta e rovesciata dal cielo; così comparisce perfettamente, come è quella che si vede per la riflessione degli oggetti sulla superficie delle acque. In questo modo un uomo che si allontana successivamente a diverse distanze ci dà a vedere le apparenze che rappresentate si veggono nella *fig.* 85; cioè a dire due immagini, sopra diritta e sotto rovesciata, come lo stesso albero si vede nell'aria diritto e rovesciato nell'acqua.

Accade talvolta che gli oggetti lontani appajono solamente sospesi nell'aria; allora non si vede che una sola immagine diritta,

e questo fenomeno si chiama *sospensione*. Ma in verità le immagini sono due, e la rovesciata non riesce sensibile, perchè è debolissima, e solo si vede l'immagine diretta che si distacca dall'immagine rovesciata del cielo.

Nè ad aver luogo sì fatte apparenze è necessaria una gran differenza di temperatura; perciocchè bastano due soli gradi del termometro centigrado. Wollaston mostrava il raddoppiamento e l'inversione delle immagini per mezzo di sbarre di ferro fortemente riscaldate, che dilatavano l'aria a loro in contatto, o facendo passare un raggio in un miscuglio di liquidi di densità variabile, come sono l'acqua e l'acido solforico. Sicchè la spiegazione proposta è confermata dall'esperienza (Vedi Biot, *Trattato di Fisica*, tomo III, pag. 317).

Bastano questi esempj a dimostrare che già siamo, quanto meglio si può, preparati a conoscere la ragione di molte apparenze che si osservano nell'atmosfera; e progredendo ora più oltre, andremo cercando la dichiarazione di tanti altri fenomeni che d'ordinario corrono agli occhi di tutti, cominciando dalle meteore che si chiamano lucide.

CAPO PRIMO — DELLE METEORE LUCIDE.

273. Vago, maraviglioso e a ciascuno conosciuto è il fenomeno che chiamasi *iride* o *arcobaleno*. Avviene quando una nube, opposta al sole che splende, si risolve in pioggia, ed è riguardata da uno spettatore che ha rivolte al sole le spalle; di modo che

L'osservatore deve trovarsi tra il sole e la pioggia. D'ordinario non si veggono che una o due iridi; l'una interiore che dà a vedere più vivaci i colori prismatici, e l'altra esteriore che più deboli li mostra; ma l'ordine de' colori è inverso nell'una e nell'altra, giacchè nell'interiore è più elevato il rosso, e nell'esteriore il violetto.

274. A spiegare il modo con che succede l'iride interiore basta riguardare alla *fig.* 82. Da un punto S' del sole parte un raggio che va a percuotere la goccia di mezzo ea' , ed entrando nella medesima da prima si rifrange, e poi riflettendosi nel fondo della goccia emerge fuori di nuovo rifrangendosi; di modo che i due raggi, l'uno incidente che si parte da S' , e l'altro emergente che giunge in O , prolungati si vanno ad unire in Z' . Lo stesso avviene per i raggi che si partono da S e da S'' , e giungono alle altre gocce ea , ea'' . Ora il raggio emergente rifrangendosi nell'uscire, si disperge e si colora (tomo I, num. 150 e 151), e l'occhio situato in O lo vede colorato. Ma come per essere sensibile all'occhio l'impressione di tali raggi colorati debbono questi essere in abbondanza, o sia non sparpagliati, ed almeno paralleli tra loro; così si è cercato sotto quale angolo escono dalla goccia paralleli, e giungono in copia all'occhio in O . Newton dimostrò il primo che ove i due raggi incidente ed emergente dopo una riflessione vengono all'occhio sotto un angolo di $42^{\circ}2'$; allora i raggi rossi eccitano sensibile la loro impressione, e però si dicono *efficaci*. Per la stessa ragione ove il raggio incidente ed emergente formano un angolo

di $40^{\circ}17'$, i raggi efficaci sono i violetti. E come i colori prismatici interposti al rosso e al violetto hanno una rifrazione maggiore de' rossi e minore de' violetti; così i loro raggi efficaci entrando ed emergendo formano un angolo minore di $42^{\circ}2'$ e maggiore di $40^{\circ}17'$. E però i colori intermedj si vedranno dall'occhio in O interposti al rosso e al violetto, e in gocce diverse ed interposte; giacchè nella medesima goccia uno può essere il punto da cui si tramandano i raggi efficaci all'occhio, ch'è situato in una certa posizione, i quali se sono rossi non potranno essere d'indaco, e se violetti non potranno esser di color dorato. Per lo che l'occhio posto in O (*fig.* 82) vedrà nella goccia *ea* sotto l'angolo $S''ZO$ di $42^{\circ}2'$ i raggi rossi, e nella goccia *ea''* sotto $SZ''O$ di $40^{\circ}17'$ i violetti, e nelle gocce intermedie sotto angoli a quei due interposti gli altri colori prismatici. Basta, per veder ciò, di riguardare in una camera oscura una palla di vetro piena d'acqua su cui cade un raggio solare, che dopo una riflessione emerge. Poichè come si alza o si abbassa la palla si vanno successivamente vedendo tutti i colori dello spettro prismatico.

Ora sieno le linee Op , Op' , Op'' (*fig.* 82) rispettivamente parallele a' raggi solari incidenti; in tal caso sì fatte linee faranno in O co' raggi emergenti degli angoli eguali a quelli de' rispettivi raggi emergenti ed incidenti, perciocchè saranno angoli alterni eguali. Così $S''ZO = ZO p$, $S'Z'O = Z'O p'$, ec. Se dunque, stando fermo l'occhio o il punto O , si mettono in giro intorno alle rette Op , Op' , Op'' , ec., i raggi emergenti, e nel girare mantengono costanti i loro rispettivi angoli, non vi ha dubbio che una zona risulta

curvilinea AB , come si vede nella *fig.* 84, che va a finire all'orizzonte, ed è distinta ne' sette colori prismatici. Poichè tenendosi costanti nel girare gli angoli de' raggi efficaci violetti, azzurro, indaco, ec., una zona rossa si formerebbe al disopra, e al disotto la violetta, e tante altre zone tinte degli altri colori prismatici nel mezzo.

275. La retta Op , oppure Op' ec. (*fig.* 82) oppure OP (*fig.* 84) si chiama *asse della visione*; l'angolo che questo asse fa co' rispettivi raggi emergenti, ci dà a vedere i varj colori; e la costanza di quest'angolo in una zona circolare ci mostra l'iride in una forma circolare. Dalla posizione inoltre di questo asse, che corrisponde parallela a quella del sole sopra l'orizzonte, dipende la parte più o meno grande dell'iride che si vede. Poichè quando OP rade l'orizzonte, allora la zona è un semicerchio, e 'l sole è vicino all'orizzonte, sia che spunti o pure tramonti. Ma a misura che il sole s'innalza, quell'asse scende sotto l'orizzonte, e le gambe dell'iride si accorciano, e tutta l'iride è meno di un semicerchio. Ma se il sole s'innalza più di 42° , l'asse della visione sarà altrettanto abbassato sotto l'orizzonte, svanirà quindi la zona rossa, e tutta l'iride interiore sparirà. Dipendendo tutto in fine dall'asse della visione, o sia dall'angolo che forma il raggio emergente all'occhio dello spettatore in O , egli è chiaro che tante sono le iridi quanti i riguardanti, e che come muta lo spettatore posizione mutasi ancora l'iride. Questi fenomeni si possono da ciascuno osservare nelle gocce dell'acqua che spruzzano e zampillano da fonti e da cascate.

276. Compresa la formazione dell'iride interiore riesce di leg-
 gieri la spiegazione dell'altra esteriore. Il raggio S (*fig.* 83) cade
 obbliquamente sulla goccia, ed entrando in p si rifrange, indi si
 riflette da prima in G , e poi in R , donde ripercosso esce in N ,
 rifrangendosi la seconda volta. In questo modo il raggio emer-
 gente s'incrocicchia coll'incidente facendo gli angoli opposti
 NYp , AYS eguali; e 'l raggio emergente NA nel rifrangersi dà a
 vedere i colori. Ora quando l'angolo AYS giunge al *minimum*, i
 raggi emergenti dopo due riflessioni e due rifrazioni escono ad-
 densati e quasi paralleli, e riescono efficaci; ma quest'angolo non
 è eguale per tutti i colori. Per i raggi rossi avviene sotto l'angolo
 di $50^{\circ}57'$, per i violetti coll'angolo $54^{\circ}7'$, e per i raggi colorati,
 che sono a questi due interposti, quando un angolo formano
 maggiore del primo e minore del secondo. Il che si può da chiun-
 que avvertire facendo emergere in una camera oscura da una
 palla di vetro piena d'acqua un raggio dopo due riflessioni.

Stando adunque lo spettatore in O (*fig.* 84), e riguardando le
 due gocce H , R pendenti in aria, accoglierà il raggio emergente
 dopo due riflessioni da R sotto un angolo di $50^{\circ}57'$, e vedrà i
 raggi rossi efficaci, ed accoglierà del pari il raggio emergente
 dopo due riflessioni da H sotto un angolo $54^{\circ}7'$, e vedrà i raggi
 violetti efficaci. Nello stesso modo lo spettatore vedrà tutti gli
 altri colori intermedj nelle gocce a quelle due interposte. Per lo
 che se stando fermo il punto O si girassero intorno all'asse della
 visione OP i raggi emergenti coll'angolo ch'essi fanno co' rispet-
 tivi raggi incidenti, si vedrà la zona CD sopra colorata di violetto,

e successivamente d'indaco, azzurro, verde, giallo, arancio, e di rosso. Per lo che i colori prismatici si vedranno nell'iride esteriore nell'ordine inverso di come si veggono nell'iride interiore, e molto più deboli; perchè avendo sofferto i raggi nell'interno delle gocce non una, ma due riflessioni, se ne sono sperduti e sparpagliati di più, come si può vedere osservando quelli che si sono dispersi in O' e O'' . Dopo di che è manifesto che l'iride esteriore non potrà vedersi quando il sole è più alto di $54^{\circ}7'$.

277. Conséguita da quanto abbiamo esposto, che la larghezza apparente dell'iride interiore è da porsi $1^{\circ}45'$, ch'è la differenza tra $40^{\circ}17'$ e $42^{\circ}2'$, e quella dell'iride esteriore è di $3^{\circ}10'$, differenza tra $50^{\circ}57'$ e $54^{\circ}7'$. È nella stessa guisa da porsi la distanza tra l'una e l'altra iride di $8^{\circ}55'$; perciocchè è questa la differenza che corre tra l'estremo rosso dell'iride interiore, e l'estremo rosso dell'esteriore, ossia tra $42^{\circ}2'$ e $50^{\circ}57'$. Ma come i raggi non si partono da un sol punto, ch'è il centro del sole, ma da tutto il suo disco; così l'estremo rosso e l'estremo violetto dell'iride interiore si ampliano di più, e la larghezza tutta di quest'iride si accresce di $30'$ quanto è il diametro del sole, $15'$ nella parte estrema rossa e $15'$ nella parte estrema violetta. Sicchè la larghezza dell'iride interiore sarà di $2^{\circ}15'$. E come si viene della medesima quantità per la stessa ragione ad ampliare l'iride esteriore, avrà questa per larghezza in luogo di $3^{\circ}10'$ la quantità $3^{\circ}40'$. Chiunque in fine si persuade che allargate le due iridi si debba restringere la distanza tra loro, e questa in luogo di essere $8^{\circ}55'$ debba computarsi $8^{\circ}25'$.

278. Quegli archi luminosi o colorati che appariscono intorno al sole o alla luna si chiamano *aloni* o *corone*, e l'apparizione che qualche volta avviene di più soli o di più lune si distingue la prima col nome di *parelj*, e la seconda di *paraseleni*. Ma intorno a questi fenomeni molte ipotesi si sono innanzi recate da' fisici, che sono più o meno verisimili; ma niuno ha richiamato la spiegazione di tali fenomeni alle leggi della fisica con quella certezza che si è fatto per l'iride.

Gli aloni sogliono avvenire quando il cielo è velato di un vapore raro e leggiero, o di nebbia sottile e trasparente, che non è egualmente sparsa in tutti i punti, e sono completi quando gli anelli sono tinti de' colori dell'iride. Ma si possono manifestare sotto due forme diverse; gli uni risultano da due o più anelli concentrici contigui fra loro e al corpo luminoso, ed in ciascuno il colore rosso è situato esteriormente. Gli altri sono formati di un solo anello concentrico al corpo luminoso, e questo anello o brilla per una luce bianca, o è colorato in modo che la tinta rossa corrisponde verso il centro. Ma questo anello è qualche volta circondato da un secondo più debole, il cui diametro è doppio del primo. Nella prima maniera di aloni i diametri degli anelli sono varj, nè mai si osserva che il diametro del secondo o terzo anello sia doppio o triplo del primo. Ma nella seconda maniera il diametro del primo anello suol essere di un'ampiezza di 45° , e del secondo intorno a 90° . Finalmente le false immagini del sole e della luna si veggono ben formate quando il corpo luminoso è

ad una piccola altezza sopra l'orizzonte.

279. Rivolgendoci alla spiegazione degli aloni, non possiamo essere che storici: alcuni hanno solamente annunziato, come fece Cartesio, che provengono dalla rifrazione de' raggi nelle particelle gelate che sono nell'atmosfera, o in quei globetti biancastri e trasparenti simili alle bolle di sapone che chiamansi vapori *vescicolari*. Altri, come Gassendi e Dechales, hanno assomigliato la formazione degli aloni a quella dell'iride interiore, e Brandes l'ha oggi ridotta alla formazione dell'iride esteriore. Ci hanno di quei che, lasciata da parte la rifrazione, ne attribuiscono la cagione all'inflessione della luce. Hube crede che la luce si diffranga all'orlo de' vapori vescicolari, e Jourdan nell'intervallo che separa questi piccoli globetti. Ma il pensiero di Huyghens è stato sinora più che altro in onore. Suppone nella atmosfera de' globetti di ghiaccio trasparenti, nel centro de' quali è un nocciolo opaco, il cui diametro ha un rapporto costante con quello del globetto intero. Questo rapporto è di 48 a 100 quando il diametro dell'alone è di 45° , e di 68 a 110 quando esiste nell'alone (num. 278) il secondo anello, il cui diametro è di 90° . Ora la luce incidente sopra questi globetti si rifrange all'entrare e all'emergere, e si dà a vedere distinta ne' colori prismatici. E come i raggi rossi sono meno rifrangibili ossia meno deviano dall'asse; così il primo circolo interiore si vede rosso, e si succedono in seguito gli altri colori secondo l'ordine della loro rifrangibilità. E perchè si suppone nel centro de' globetti un nocciolo opaco il cui diametro è a quello di tutto il globetto come 48 a 100; ne segue che

l'osservatore non potrà accogliere i raggi che provengono da questi globetti, se non quando sono lontani dal sole gr. $\frac{45}{2} = 22^{\circ} 1/2$, siccome si osserva. Questi globetti diacciati dell'Huyghens furono trasformati prima dal Mariotte e poi da Young in cristalli di ghiaccio sparsi in istrati nell'atmosfera, e per mezzo delle faccette di questi cristalli venne il Brewster a spiegare le corone o anelli colorati. Ma non piacque al Newton di supporre de' globetti o cristalli diacciati, e si attenne a' vapori vescicolari, spiegando la prima maniera di aloni (num. 278) per mezzo degli accessi di facile trasmissione e riflessione della luce (tomo I, num. 172) che generano i colori; e la seconda per mezzo di due rifrazioni successive de' raggi solari nelle gocce della pioggia. Ma egli in sostanza altro non fece che annunziare la sua opinione senza più. Sinora adunque incerti sono stati i fisici sulla spiegazione di questo fenomeno, ed oggi è venuto il Fraunhofer a produrre un'altra ipotesi.

280. In due modi diversi dichiara il Fraunhofer le due maniere di aloni. La prima, che risulta da molti anelli colorati concentrici, è da lui dichiarata per mezzo dell'inflessione della luce che rade i lembi delle piccole sfere de' vapori, che sono separati tra loro in modo che i raggi possano liberamente passare. Ed a confermare questa sua opinione venne mostrando coll'esperienza che questa diffrazione ha luogo lungo tali piccole sfere, come avviene quando la luce rade gli orli di un'apertura circolare. Dimostra oltre a ciò che i diametri degli anelli colorati che provengono dalla diffrazione sono inversamente proporzionali a' diametri

delle piccole sfere; di modo che quelli saranno tanto più grandi, quanto questi sono più piccoli. E di ciò ricava che se i colori si veggono nettamente, le piccole sfere sparse nell'atmosfera sono di egual grandezza; perciocchè se fossero ineguali, i colori non si potrebbero ben distaccare, per la ragione che in tal caso si rimescolerebbero i colori diversi, e ne risulterebbe l'impressione di luce bianca. E va così di mano in mano dichiarando tutte le diverse apparenze che dovranno avvenire secondo i rapporti diversi che hanno tra loro i vapori vescicolari o piccole sfere.

281. In quanto poi alla seconda maniera di aloni, ch'egli chiama di grande specie, va in altro modo svolgendo le sue idee. Suppone de' prismi di ghiaccio che galleggiano nell'atmosfera, ed hanno tre o sei facce, le quali forman tra loro degli angoli di 60° . Coll'ajuto di questa supposizione va dimostrando col calcolo che la luce rifratta per tali prismi deve produrre il primo alone con quelle dimensioni e con quell'ordine de' colori che di fatto si osservano. E per somministrare intera la spiegazione di tale maniera di aloni, suppone che i prismi di ghiaccio sien terminati da una piramide a sei facce, affinchè le facce di questa piramide presentino alla luce un altr'angolo rifrangente, e da questa rifrazione provenir possa il secondo anello che talvolta si osserva in questa maniera di alone. Basta in somma al Fraunhofer la supposizione di cristalli prismatici di ghiaccio nell'atmosfera, le cui facce formano tra esse degli angoli di 60° a 88° , per dichiarare colle leggi della rifrazione e coll'esattezza del calcolo tutte le particolarità del fenomeno. Ed in verità questa sua ipotesi

è la sola che bene e pienamente le dichiara. Resta intanto a dimostrare che veramente esistono nell'aria sì fatti prismi; e sebbene egli si sforzi di provare che l'acqua sia capace di pigliare una cristallizzazione molto vicina a quelle forme, ossia di un romboide simile a quello dello spato calcare; pure siamo sempre incerti sull'esistenza di quei prismi nuotanti nell'atmosfera (Vedi *Bibliot. universale*, tomo XXXII, pag. 28 e 107).

282. La stesa incertezza che ha avuto luogo negli aloni, si trova nella dichiarazione de' parelj e paraseleni. La più parte de' fisici ha portato opinione che l'apparenza di più soli o di più lune avea origine dalla riflessione della luce, come da uno specchio, dalle nubi o pure da' cristalli di ghiaccio nuotanti nell'atmosfera. Huyghens recò innanzi dei cilindri verticali di ghiaccio trasparenti con un piccolo cilindro opaco nell'interno, e colla disposizione di sì fatti cilindri andò dichiarando tutte le circostanze de' parelj. Queste circostanze sono in prima, che le false immagini del sole si veggono sempre connesse tra loro per un cerchio bianco orizzontale, il cui polo è nello zenit. E però Huyghens dispose i suoi cilindri in modo, che il sole rischiarandoli ne risulti per riflessione quel cerchio bianco orizzontale che avrà il suo polo allo zenit, e il cui semidiametro è il complemento dell'altezza del sole sopra l'orizzonte. La seconda circostanza si è che le immagini orizzontali del sole che appariscono sopra quel cerchio quando sono dalla parte del sole vero, tinte si mostrano de' colori dell'iride, ed al contrario sono senza colori quando stansi dalla parte opposta. Indi Huyghens spiegò queste immagini del

sole prive di calori per riflessione nel nocciolo opaco, e le altre per la rifrazione laterale che si fa perpendicolarmente agli assi de' prismi nelle loro parti laterali trasparenti. Finalmente quando succedono i parelj soglionsi vedere delle corone circolari, concentriche, tinte de' colori dell'iride, che circondano il sole vero. Fu quindi stretto Huyghens a rotondare l'estremità de' suoi cilindri ghiacciati, affinchè dalla loro estremità sferica ricavar si potesse la formazione di quelle corone colorate e concentriche al sole vero (Vedi Biot, *Trattato di Fisica*, tomo III, pag. 434, e la figura corrispondente in cui si vede l'apparizione de' parelj descritta da Hevelio). Ancorchè questa spiegazione di Huyghens sia stata commendata, pure non mancano di quei che spiegano i parelj e le paraseleni per mezzo del *mirage* o *fata morgana* (num. 272). Quando la luna, dicono essi, si alza dopo mezzodì, e lo splendor del sole e la chiarezza dell'atmosfera permettono di vederla, può benissimo apparire la sua doppia immagine, perchè gli strati d'aria vicini al suolo sono stati già dilatati a' raggi solari. In tanta incertezza noi recheremo qui l'apparenza che suole più raramente avvenire, ch'è quella de' parelj verticali, e di questa parleremo secondo i principj del Fraunhofer.

283. Rothmann, Cassini e Malezieux hanno descritto con diligenza il fenomeno de' parelj verticali, e convengono che la distanza apparente del parelio verticale dal sole non è costante, ma varia nel tempo che dura il fenomeno. Ora Fraunhofer a spiegare questa sorte di parelj premette alcune sue esperienze. Riguardando, dice egli, il sole che spunta a traverso un graticcio di fili

paralleli orizzontali separati gli uni dagli altri per un intervallo di 0,0022 di pollice, si vede sopra e sotto il sole, nella medesima linea verticale, un parelio ch'è leggermente colorato in azzurro verso questo astro, ed in rosso dal lato opposto, ma bianco nel mezzo; che se lo spazio de' fili non è uniforme, si distinguono meno nettamente i colori del parelio. Allorchè poi lo spazio de' fili è più piccolo di 0,0022, la distanza apparente de' parelj diventa notabile, e decresce come quello spazio aumenta. Questo esperimento mette in opera in modi diversi, e lo dichiara per mezzo delle interferenze; perciocchè i raggi che s'inflettono nel passare a traverso dello spazio de' fili si accozzano (tomo I, num. 69) e producono gli spettri colorati. Guidato da queste esperienze, suppone egli più strati di vapori vescicolari, che sparsi nell'atmosfera son separati tra loro da intervalli simili a quelli de' fili, sì che i raggi passando per questi intervalli si diffrangono e interferiscono, e mostrano sotto e sopra i parelj con quei colori. E come gl'intervalli di quelle vescichette sono variabili; così deve variare la distanza verticale dei parelj. Anzi essendo necessario che i vapori vescicolari abbiano degl'intervalli eguali, il che è ben difficile ad accadere, si comprende perchè un sì fatto fenomeno sia molto rado. Si conosce in fine da tale dichiarazione, perchè i parelj verticali non si possono formare, siccome si osserva, se non nel punto che il sole è vicino all'orizzonte. Con simiglianti principj si fa egli a spiegare i parelj orizzontali e i cerchi paralleli all'orizzonte; intorno a' quali fenomeni abbiamo noi riferito

l'ipotesi di Huyghens. Si potrebbe consultare l'opera del Fraunhofer, *Teoria degli aloni, de' parelj*, ec. Vogliamo che qui solamente si avverta, come la dottrina delle vibrazioni e delle interferenze sia già venuta in onore nel Nord dell'Europa, e già si applichi alla spiegazione de' fenomeni naturali (Vedi nel tomo XXXVI degli *Annali di Chim. e Fisica*, pag. 439, i lavori sulla dispersione della luce secondo il sistema delle ondulazioni).

DELL'AURORA BOREALE

284. L'*aurora boreale* è una meteora lucida così detta, perchè imita il nascer del sole dalla parte di settentrione. Essa non è altro che una luce, uno splendore o un rosso infocato che si vede in tempo di notte a tramontana, ed occupa ora maggiore e ora minore parte del cielo⁸⁷.

⁸⁷Le apparenze dell'aurora boreale consistono in un lume rosseggiante, che nelle notti delle fredde stagioni rimane visibile per qualche ora verso il nord. Una nuvola cenerognola ed incurvata, che sembra poco distante dall'orizzonte dell'osservatore, serve come di base ad una tale meteora. Questa nuvola è circondata da un arco splendente d'una luce bianca o rossa da cui escono interpolatamente dei raggi e delle piramidi luminose che si diffondono in tutte le direzioni e che si disperdono ad una notevole distanza, cosicchè talvolta lo splendore compare sino allo zenit dell'osservatore. Alle volte si staccano da essa delle stelle cadenti e dei bolidi. Nella Laponia e in generale nei paesi vicini al polo artico questo

Diverse sono le sentenze de' fisici sulla cagione di questa meteora, ed oggi le principali si riducono a tre. La prima è quella del Mairan, che attribuisce questa meteora all'atmosfera solare, le cui parti venendosi ad incontrare nelle superiori regioni dell'atmosfera sentono più la forza di attrazione della terra che quella del sole. E però l'atmosfera solare cade nella terrestre ad una maggiore o minore profondità, secondo ch'è maggiore o minore la sua specifica gravità per rispetto agli strati dell'aria che traversa e sui quali si sostiene. Per la qual cosa i più bassi strati e più vicini a noi saranno carichi delle parti più grossolane e meno infiammabili che formano le nebbie, e gli strati superiori conterranno la materia più leggiera ed infiammabile, ed infiammata o per sè stessa, o per la collisione colle particelle dell'aria, o per la fermentazione che vi cagiona il mescolamento dell'aria. Comunque però vada la cosa, sempre egli è vero che in questa ipotesi l'atmosfera solare immergendosi nella terrestre forma l'aurora boreale.

285. Ci han di quei che riferiscono questo fenomeno alla

fenomeno appare per molte notti di seguito ed è assai brillante; nei nostri paesi però è molto languido e succede di rado.

Anche vicino al polo antartico si gode lo spettacolo d'un simile fenomeno; ma i viaggiatori accertano che non è sì maestoso e brillante come verso il polo artico. — *Gli Editori.*

combustione del gas idrogeno, il quale dall'equatore rovesciandosi a' poli si accende, cominciando a bruciare dall'estremità delle colonne del medesimo che sono in contatto coll'aria vitale.

286. Altri in fine, che sono seguaci del Franklin, dicono, l'elettricità produrre l'aurora boreale a cagione che i vapori alzandosi dalla terra seco portano elettricità⁸⁸. Poichè questi, spinti come sono verso il polo, ossia trasportati dall'aria che elevasi per calore sotto l'equatore, si rovesciano sopra i poli, ove pel freddo si condensano; e minorandosi per l'addensamento la loro capacità a mantenere il fluido elettrico, si trasformano in nubi positivamente elettriche. E siccome il fluido elettrico ha la proprietà di espandersi ad eguaglianza, di attrarre i corpicciuoli leggieri, e ridurre in sentiero i vapori che sono d'intorno dispersi; così è che l'elettricità ridondante delle nubi polari si sforza di spandersi per ogni verso, ed attrae i vapori meno elettrici, e si estende e si amplia il fenomeno dell'aurora boreale. Per lo che secondo la quantità del fuoco elettrico ridondante in quelle nubi, e la copia e disposizione de' vapori sparsi per l'atmosfera, ci offre le diverse e molteplici mutazioni che in occasione di questa meteora si osservano. Getti adunque luminosi, che giunti a una certa altezza si

⁸⁸Vedi la nota al § 214, e i paragrafi che vi si riferiscono, per intendere come l'evaporazione possa produrre elettricità. — *Gli Editori.*

allargano, si dilatano e poi svaniscono, mostrano l'indole dell'abbondante fluido, il quale sforzandosi d'equilibrare induce in sentiero una certa quantità di vapori, e per essi s'inoltra nel mezzo resistente, ove a proporzione che attrae ed in essi diffondesi, collo scemarsi della sua densità diviene meno brillante, finchè ampiamente distribuito o svanisce affatto, o lascia una leggiera tinta di colore. E perchè i vapori non sono egualmente distribuiti nell'atmosfera, ne viene il trasporto de' tratti lucidi di uno in un altro sito, affinchè si vada equilibrando il fluido elettrico. Questa spiegazione è confermata, per quanto ad alcuni pare, da ciò, che gli elettroscopj indicano elettricità positiva nel tempo dell'apparizione dell'aurora boreale; dall'osservarsi a tramontana sempre l'orizzonte occupato di nubi e di nebbie durante questa meteora, e dall'agitarsi che fa l'ago magnetico per le aurore boreali. Ma non ostante che tale spiegazione comparisca molto verisimile; pure non si può come certa e come vera abbracciare. È da aspettarsi che meglio e più ampiamente si conoscano le relazioni che già si cominciano ad osservare tra luce, elettricità e magnetismo, perchè si giunga a trovare la vera cagione di questa meteora. Per altro le osservazioni che si continuano dall'Arago intorno all'influenza delle aurore boreali sull'ago magnetico (num. 110), ci dimostrano che la loro azione non è ristretta ad una piccola estensione dell'atmosfera, ma che si estende ancora in quei luoghi in cui questa meteora per la gran distanza non si vede. Chi sa se le correnti elettriche terrestri, che si credono cagione del magneti-

smo terrestre, non abbiano parte alla formazione dell'aurora boreale?⁸⁹

DEL BOLIDE E DELLE ALTRE METEORE LUCIDE

287. Il *bolide* è un globo di fuoco caudato, che ora nelle inferiori ed ora nelle superiori parti dell'atmosfera comparisce. Questa meteora si reputava, non ha guari, come un effetto dell'elettricità, e si distingueva, per le varie forme ed apparenze giusta cui si presenta, co' nomi ora di *dragone*, ora di *capra saltante*, o di *trave*, *scudo*, *colonna*, ec.; meteore lucide che tutte si teneano formate dal fluido elettrico. Ma dopo che Chladni, Howard e King han dimostrato che i bolidi non solo si dileguano per lo più con forte esplosione, ma sono accompagnate d'ordinario dalla caduta di alcune pietre dette *meteoroliti* o *aeroliti*⁹⁰, non più si attribuiscono ad effetti del fluido elettrico esistente nell'atmosfera. Si è inoltre notato che sebbene sì fatte meteore lucide talvolta siano disperse senza esplosione; pure sparendo han mandato alla terra alcuni

⁸⁹La scoperta del termo-magnetismo, dell'elettro-magnetismo, ed ultimamente delle correnti magneto-elettriche promosse dalla calamita, e quelle istantanee somiglianti eccitate per l'induzione o l'influenza delle Voltaiche, portano una gran luce sulla causa di quel fenomeno. — *Gli Editori*.

⁹⁰*Folgoriti, uranoliti, pietre del fulmine, pietre della luna*. — *Gli Editori*.

frammenti di una materia infiammata simile alle ceneri, o qualche sostanza gelatinosa o vischiosa, che si credono avanzi bruciati del loro nocciolo (V. il nov. Catalogo delle cadute di pietre o ferro, di polveri o sostanze molli, secche o umide, dirizzato dal Chladni, e registrato nel tomo XXXI degli *Annali di Fisica e Chimica*, pag. 253).

288. Le meteoroliti formano un genere di pietre tutte presso a poco eguali; son diverse in grossezza, finiscono di esser lucide ordinariamente dopo l'esplosione, profundano alquanto in terra, e si trovan calde dopo la loro caduta. Sono d'ordinario rotonde con piccole asprezze, ricoperte di una crosta metallica nera, e spezzate mostrano nel loro interno un color grigio cinerino, e un tessuto granelloso simile a quello del gres ordinario. Si scompongono meccanicamente in un gran numero di durissimi corpicciuoli sferici, che scintillano sotto l'acciajo; in frammenti granulosi di piriti di forma indeterminata e di color giallo rossastro, che facilmente si riducono in polvere nera; in alcune particelle di ferro allo stato metallico disseminate al par delle piriti a traverso le pietre; in una specie in fine di cemento grigio, ch'è molle e si può facilmente separare. Giusta l'analisi chimica la crosta nera è un composto di ferro e di nicolo in parte allo stato metallico e in parte allo stato di ossido. I corpi sferici gialli son formati di silice, magnesia, di ferro e nicolo, e tali son pure i componenti del cemento terroso. Ma le particelle piritose son ferro e nicolo uniti allo zolfo, e le particelle metalliche risultano di ferro unito con 0,33 del suo peso di nicolo.

289. Siamo ancora incerti sull'origine di tali pietre, sebbene siensi recate innanzi più ipotesi. La Place l'ebbe come pietre lanciate da' vulcani della luna sul nostro globo⁹¹, e gl'inglesi King e Hamilton le han considerate come concrezioni formate nell'atmosfera. L'opinione che al presente pare meno screditata, è quella del Chladni, il quale le ravvisa per frantumi più o meno grossi di corpi celesti spezzati e scagliati per l'urto di altro corpo, e che incontrati dalla terra nel suo giro ne sieno attratti ed obbligati a traversare l'atmosfera, dove pel loro rapidissimo moto infocandosi si presentano sotto la figura di bolidi. Ma contro quest'opinione, ch'è tutta ipotetica, fa gran difficoltà la luce, il calore, l'esplosione, che accompagnano le bolidi e la caduta delle meteoroliti; giacchè si è dimostrato dal Bellani che la sola rapidità del loro moto non può esser la causa di questo fenomeno (Vedi il *Giornale di Fisica*, ec., di Pavia, decade II, tomo V, pag. 49)⁹².

290. Hanvi tra le meteore lucide quelle che specialmente si

⁹¹Anche Cossali è di tale opinione; e in una sua Dissertazione istituisce il calcolo per valutare la forza che dovrebbe impiegare il vulcano lunare a lanciare tali pietre nella sfera d'attività della terra. — *Gli Editori*.

⁹²Sopra questa specie di meteore può consultarsi la Memoria *sopra il bolide* del 1784 accaduto nell'Italia settentrionale, del professore Vassalli. Torino, 1786. — *Gli Editori*.

vedono nelle notti estive, e chiamansi *stelle correnti* o *cadenti*; perciocchè strisciando rapidamente nell'atmosfera, e corrono, e fan le viste di cadere verso la terra senza che mai vi giungano, lasciandosi dietro a loro una traccia lucida che ben presto si dilegua. Ora sì fatte stelle cadenti si credeano prima semplici accensioni di materie sulfuree, e non ha guari piacque al Bellani di considerarle per accensioni di materie simili alle fosforiche. E come queste meteore sono frequenti ne' climi caldi e temperati, si ebbero per proprie di tali climi; giacchè disposti naturalmente siamo ad associare l'idea di calore a quella di luce. Ma dopo il viaggio del capitano Parry è già noto che stando egli nel dicembre del 1824 col suo vascello l'*Hecla* in Port Bowen, osservò quasi per tutto dicembre le stelle cadenti, mentre il termometro centigrado era a 27°, a 28°, a 29° e sino a 32° sotto lo zero.

Sono stati altri di parere che l'elettricità fosse la cagione di sì fatte meteore; ma sappiamo dallo stesso capitano Parry che un elettroscopio a foglie d'oro sensibilissimo tenuto da lui a 115 piedi d'altezza sul mare nel punto più elevato dell'albero principale dell'*Hecla*, non diede mai a vedere alcun segno di elettricità in tutto il tempo della dimora a Port Bowen.

DEL FULMINE

291. Il *fulmine* non è altro che una smisurata scintilla elettrica, la quale d'ordinario spiccandosi dalle nubi si lancia sulla terra. Franklin, Dalibart e Romas furono i primi ad attirare per mezzo di sbarre aguzze metalliche o del cervo volante (num. 269) l'elet-

tricità dalle nubi, e sottoporla alle nostre osservazioni, a caricarne delle bocce, a mostrarla del tutto eguale negli effetti e nella natura a quella che si eccita dalle nostre macchine. Non si può quindi più dubitare che il fulmine non sia che fluido elettrico; e come tale corre verso i metalli, si lancia verso i luoghi aguzzi ed eminenti, si scaglia sulla cima degli alberi, e precipita ne' luoghi umidi.

292. Come la materia elettrica si scarica sulla terra dalle nubi, in cui è ridondante; così dalla terra si può alcuna volta scaricare sollevandosi nelle nubi. Indi sonosi distinti da alcuni i fulmini in ascendenti e discendenti. Ma i fulmini, o che sieno discendenti, come sogliono, ovvero che sieno ascendenti, possono uccidere gli uomini e gli animali, non solo colpendoli, ma senza colpirli⁹³. Fu lord Mahon il primo ad accorgersi che operando l'elettricità per influenza, quando si scarica, viene a cagionare ne' corpi su cui influisce, tutto ad un tratto il ritorno dell'elettricità loro naturale, dalla quale si produce una scossa, o sia un *contraccolpo elettrico*. Così una nube elettrica stando pendente nell'atmosfera opera per influenza sui corpi terrestri sottoposti, e li stringe a pigliare un'elettricità contraria. Di che viene, che se bene la nube

⁹³Per le folgori ascendenti si veggia l'opuscolo: *Istruzione teorica e pratica sui parafulmini*, del professore Majocchi. Milano, 1826, pag. 23 alla 26. — *Gli Editori*.

si scarica in distanza; pure all'istante quei corpi nell'atto della scarica perdono l'elettricità contraria per ripigliare il loro stato naturale. Ora questo istantaneo ritorno dallo stato elettrico al naturale negli uomini e negli animali produce lo stesso effetto di una esplosione, e può talora cagionare ad essi la morte, come fa il fulmine. Indi si crede da alcuni che il fulmine non vada mai scompagnato da un altro secondario o di ritorno, e che i fulmini chiamati ascendenti non siano che quelli di ritorno.

293. Il *lampo* è lo splendore prodotto dal fluido elettrico, che con grande impeto si slancia da luogo a luogo, non altrimenti che vediamo in piccolo avvenire nella scarica di una boccia. E come questo fluido tende verso i vapori che in mezzo all'aria più facile gli porgono il passaggio, e questi sono qua e là interposti in sentieri tortuosi; così tortuose ci compariscono le saette, e tortuoso si vede il cammino che fa il lampo. Il quale è accompagnato da quel romore eccitato dal torrente elettrico, che a vincere la resistenza dell'aria è stretto a squarciarla, e chiamasi *tuono*⁹⁴. E

⁹⁴L'Autore al § 291 ha definito il fulmine *una smisurata scintilla elettrica*; e il *tuono* altro non è che il rumore il quale tien dietro ad una tale scintilla. Ma il rumore della scintilla, provocata dalle ordinarie nostre macchine elettriche, è prodotto dall'urto dell'aria contro sè stessa, all'atto in cui si precipita nel vòto che il fluido elettrico genera solcando l'aria, a traverso cui si fa strada; il che si è fatto notare altrove (Vedi tomo I della *Fisica particolare*, nota al § 358): perciò il tuono

sebbene lo squarciamento dell'aria sia istantaneo, pure il rimombo sembra successivo, e si ripete e si moltiplica nel propagarsi per la riflessione ne' luoghi terrestri ai quali si avvicina, non altrimenti che fa un colpo di cannone sulla terra. So bene che Monge a dichiarare il tuono reca innanzi che il fulmine è sempre accompagnato dalla formazione istantanea di una nube; di modo che ristretto notabilmente e in un istante il volume de' vapori viene a formarsi uno spazio vòto, che corrono a riempere con gran violenza gli strati superiori e laterali dell'aria. Dall'urto quindi di sì fatti strati ricava il romore del tuono, che si fa sentire con una certa successione di tempo, perchè formata la prima nube se ne formano lateralmente delle altre. Ma quest'opinione del Monge è reputata più presto ingegnosa e speciosa che vera; giacchè basta l'impeto del torrente elettrico contro l'aria, che resiste, per eccitare quel romore.

294. Essendo la materia fulminea non altro che elettricità, ciascuno vede, giusta le dottrine già dichiarate nel tomo I, che gli effetti del fulmine sono tanto più o meno energici e formidabili, quanto più o meno facilmente può scorrere lungo i corpi ch'è

deve a tutta ragione ritenersi prodotto da un'egual cagione, non essendovi differenza che nell'intensità fra il fenomeno naturale della folgore a quello artificiale della scintilla nelle nostre macchine elettriche. — *Gli Editori.*

stretto a traversare. Indi schianta, squarcia, rovescia, fonde, riduce in ischegge i corpi non conduttori, e vetrifica le sostanze volatili, fusibili e vetrificabili⁹⁵. Per lo che non è da maravigliare

⁹⁵La sostanza fulminea, al pari dell'elettrico delle macchine, comunica, spoglia ed anche inverte le proprietà magnetiche al ferro ed all'acciajo e a que' metalli che sono atti a sentire l'azione delle calamite. Pel confronto degli effetti della folgore con quelli dall'elettricità ordinaria, veggasi l'*Istruzione teorica e pratica* succitata del professore Majocchi, pag. 44 alla 49.

Inoltre la sostanza del fulmine al pari del fluido elettrico trasporta con sè della materia ponderabile. Il primo a provare coi fatti il trasporto di materia ponderabile dell'elettrico eccitato da una pila di Volta, o da una macchina a stropicciamento, fu Luigi Brugnatelli, nelle sue *Osservazioni sopra l'ossieletrico*, stampate nel tomo XVIII degli *Annali di Chimica e Storia naturale*. Pavia, 1800, pag. 137, 138, 151 e 152. Intorno a questo fenomeno, prodotto dalle correnti Voltaiche, molti si sono occupati dappoi; ma del trasporto di materia ponderabile nelle scariche della bottiglia di Leida e negli scoppi delle folgori, ha trattato diffusamente il sig. dottor Fusinieri (Vedi *Giornale di Pavia* dell'anno 1827, pag. 353 e 448; e gli *Annali delle Scienze* di Fusinieri, tomo I, pag. 291 e 365). — *Gli Editori*.

che siensi scoperte dall'Hagen le *folgoriti* che trovansi nelle terre sabbiose, e ad altro non riduconsi che a certe concrezioni semi-vetrificate dal fulmine in forma di tubi irregolari (V. *Bibliot. univ.* tomo XXIV, pag. 156). E però sarà sempre memorabile l'epoca in cui Franklin immaginò a difesa degli edifizj il *parafulmine*.

295. Il parafulmine o conduttore elettrico è una grossa verga metallica, aguzza, alta 10 in 12 piedi o più, che si pianta ed innalza sulla sommità degli edifizj. La punta aguzza o s'indora, o pur si fa di platino, perchè non si ossidi, e tutta la verga nel piantarsi s'isola dalle fabbriche. Ma è da mettersi in una libera e facile comunicazione per mezzo di più fili metallici di due in tre linee, verniciati e intrecciati tra loro, co' luoghi umidi estesi e sotterranee che vanno fuori degli edifizj. È tanto necessaria una sì fatta comunicazione, che ove fosse in alcun modo interrotta, si produrrebbe un fulmine che per lo meno fonderebbe la verga metallica⁹⁶.

296. Il parafulmine, come ciascuno può conoscere, sporgendo colla sua punta in alto, attira l'elettricità dalle nubi, o pure

⁹⁶Chi desiderasse di avere una più estesa cognizione sulla folgore e sul parafulmine, e di apprendere tutte le cautele e le pratiche necessarie per l'erezione di questi apparecchi preservatori della più terribile delle meteore, può consultare l'opuscolo succitato del professore Majocchi, *Istruzione*, ec. — *Gli Editori*.

a queste dalla terra la tramanda. Può attirare il fluido elettrico dalle nubi temporalesche a poco a poco, o pure istantaneamente. Poichè trovandosi una nube elettrica in istato d'influire su quel conduttore aguzzo, genera in esso elettricità contraria; e però le particelle dell'aria umida interposta tra la nube e la punta precipitano verso il conduttore, e gli comunicano l'elettricità che han ricevuto dalla nube, e così di mano in mano si va scaricando la nube elettrica. Che se avrà per avventura luogo una scarica istantanea di fluido elettrico, non vi ha dubbio che il torrente elettrico si porterà infallibilmente verso la punta del conduttore, perchè quivi in virtù della forza delle punte si troverà più agevole e gagliarda l'attrazione delle due elettricità. Per lo che i parafulmini non allontanano, siccome alcuni si fanno a credere, i fulmini, ma gli attirano o a poco a poco, o in un istante. E come attirandoli segnano loro il cammino che debbono imprendere per portarsi alla terra senza cagionare alcun danno; così i parafulmini difendono le case, i magazzini a polvere, le navi, ec., dagli effetti spaventevoli de' fulmini.

297. Ma per riuscire i parafulmini veramente utili agli edifizj molto estesi, sono sopra questi da moltiplicarsi e da collocarsi alla distanza di 60 piedi tra loro; poichè l'esperienza ci ha avvertito che la sfera di attività di una spranga è ristretta ad un raggio di trenta piedi.

Dal sinora dichiarato egli può essere a chiunque manifesto che la sola spranga elettrica ci può difendere da' fulmini, e che il ripararci in campagna in tempo di burrasche sotto gli alberi ci

espone ad un imminente pericolo, giacchè gli alberi attirano il fluido elettrico. E parimente chiunque si persuade che i lumi accesi scemando la coibenza dell'aria (num. 268), e 'l suono delle campane rompendo l'aria, aprono al fluido elettrico una via per iscaricarsi in modo che quei lumi e questo suono, in luogo di allontanare, attirano i fulmini. Finalmente è da confessare che con giusta ragione le fiammelle, le quali in tempo di lunghe burrasche si veggono sopra la punta degli alberi delle navi, sopra i ferri acuminati piantati sulle torri o in altri luoghi, e chiamansi fuochi di *S. Elena*, di *S. Elmo*, e quando son due, *Castore e Polluce*, altro non sieno che una corrente di fluido elettrico. Poichè si mostrano in forma di globo o di stelletta, quando l'elettricità passa dall'aria positivamente elettrica nelle punte, o pure in forma di pennacchio, quando dalle punte passa nell'atmosfera negativamente elettrica.

CAPO II. — DELLE METEORE AQUEE.

Un altro ordine di fenomeni ha luogo nell'atmosfera, che provenendo per mezzo de' vapori si segna col nome di *meteore aquee*.

DELLA NEBBIA

298. Secondo le osservazioni del Saussure le nebbie danno a vedere de' vapori vescicolari, biancastri, rotondi, trasparenti, simili alle bolle di sapone, che si muovono, rotolano, s'innalzano e ricadono. E però la *nebbia* altro non è che un ammasso di vapori

vescicolari visibili, che intorbidano la bassa atmosfera in cui si trovano.

299. Le cause ordinarie della nebbia sono l'aumento di umidità, e l'abbassamento della temperatura; giacchè per tali due cagioni i vapori passano dallo stato elastico, in cui sono invisibili, a quello vescicolare, in cui sono visibili. Indi il Davy propose a principio generale, che non si può formare la nebbia sopra un fiume, una palude o altro luogo umido, se la temperatura dell'aria soprastante non sia notabilmente inferiore a quella dell'acqua o del suolo umido sottoposto, o almeno non corra tra questo e quella la differenza di 3° in $4^{\circ}F$. Di fatto le nebbie sogliono comparire al tramontar del sole, e dissiparsi al contrario quando il sole innalzandosi riscalda l'atmosfera.

300. Esaminandosi attentamente le sferuletto dei vapori si trovan d'ordinario cariche d'elettricità, e in virtù della reciproca ripulsione si veggono equidistanti; ma cessata la ripulsione, se i venti non le sciolgono e rarefanno, si riuniscono e cadono in umido o in pioggia. Questa meteora da sè non è nocevole alla vegetazione, ma per l'abbondanza d'elettricità può recare grave danno alle piante. Nè tampoco torna da sè a nocimento degli uomini, ma può riuscire loro a male per la copia e qualità dell'esalazioni cui può esser congiunta; indi talvolta è fetida e talvolta senza odore, ora è umida e ora è secca.

DELLE NUVOLE

301. Tutti i fisici stando sui monti, e Saussure in particolare sulle Alpi, hanno osservato che le *nubi* non sono altro che nebbie

più alte; e l'igrometro in mezzo a quelle segna d'ordinario la massima umidità. Però avviene talvolta che guardando dell'alto de' monti si veggono quasi ad un istante formare le nuvole; perciocchè lo stato igrometrico o termometrico dell'atmosfera non di rado è vario nei varj strati ossia colonne diverse dell'aria. Per altro è un'osservazione, che quando il tempo si dispone al bello, le nuvole appena formate montano, s'impiccioliscono e spariscono; e quando si dispone alla pioggia, le nubi al contrario si ammassano e si aggrandiscono. Ciò non pertanto il Saussure e De-Luc han prodotto delle osservazioni, dalle quali si dimostra che le nubi si formano dove l'aria non è sazia di vapori, e senza che la temperatura dell'atmosfera si raffreddi. Per lo che Howard è venuto nell'opinione che l'elettricità abbia ancora parte alla formazione delle nuvole, ed anche alla loro forma e figura. Si è quindi conchiuso dai fisici che al presente non si è pienamente conosciuto come e per quali circostanze si possano di certo formare i nugoli e le nebbie.

Le nuvole sono ora stazionarie, ed ora da sè s'innalzano quando il mercurio monta nel barometro, perchè addensandosi l'aria, questa le sospinge in alto. Le nubi sono allora nella stessa posizione del fumo dell'Etna e del Vesuvio, che quando non è turbato da' venti sale o scende, come il barometro si alza o si abbassa. Possono esse elevarsi ad un'altezza notabile, come si può dimostrare da quel velo bianco, trasparente ed altissimo che copre talvolta l'azzurro de' cieli, e suole in Palermo annunciare l'arrivo dello scirocco e 'l ritorno della pioggia.

DELLA PIOGGIA

302. Se i vapori elastici riduconsi in vescicolari, e questi si addensano o romponsi, ritornano allo stato liquido e cadono in *pioggia*. Ma le cagioni che la producono non ci sono conosciute; e però alcuni hanno avuto ricorso alla combustione del gas idrogeno, ed altri al passaggio del fluido elettrico da una nube in un'altra, o da questa alla terra. Poichè l'elettricità portando seco, a parer loro, calorico, ne lascia in tutto o in gran parte priva la nuvola da cui muove; e questa addensandosi scioglie i suoi vapori in pioggia. Spiegan così le piccole piogge che han luogo in autunno quando balena, e le forti e copiose che talora succedono in tempo di state. Hutton in fine crede che ove due masse d'aria a diversa temperatura e sazie d'acqua trasportate dai venti si vengono a rimescolare, precipitano in pioggia l'acqua che racchiudeano; di modo che dalla quantità dell'acqua che contengono e dalla diversità della loro temperatura vuole che provenga la maggiore o minore quantità d'acqua che cade.

303. Ma lasciando le ipotesi, ci giova di notare che la quantità della pioggia è varia ne' varj paesi, nelle varie stagioni e ne' varj anni. In generale si può dire che la quantità media annua è massima all'equatore, e va dicrescendo al crescer della latitudine; ma il numero de' giorni con pioggia va crescendo al crescer della latitudine. In Palermo, lat. $38^{\circ}7'$, la quantità media annuale è di 22^{poll.}, 149, e 'l numero de' giorni con pioggia è 131. Si suole d'ordinario segnare più piovoso il mese d'ottobre, e per meno aprile; ma in Palermo sono i più piovosi dicembre e gennajo, e 'l meno

il mese di luglio, in cui qualche anno affatto non piove (V. *Topografia di Palermo*, pag. 133–134). Lo strumento con cui misurano i fisici la quantità della pioggia si chiama il *pluviometro*, ch'è una vaschetta quadrata in cui è situato un piede graduato in pollici e linee, e i più diligenti giungono talvolta a notarne anche la durata⁹⁷.

⁹⁷Secondo l'Autore la quantità media di pioggia annuale che cade in Palermo, ridotta a misura metrica, risulta di centimetri 60. Nella Tavola seguente si riporta il risultamento medio annuale di pioggia per alcuni paesi situati a latitudini differenti e in posizioni particolari che influiscono sulla quantità d'acqua che cade in un anno:

centim.

centim.			
Capo Francese (S. Domingo)	308		Ve-
nezia	81		
La Granata (Antille).	284	Ginevra	79
Calcutta	205	Lilla	76
Kendal	156	Utrecht	73
Genova	140	Palermo	60
Charlstown	130	Parigi	56
Pisa	124	Londra	53
Milano	96	Marsiglia	47
Napoli	95	Pietroburgo	46
Lione	89	Upsal	43
	408		

Si riferiscono con somma ammirazione le piogge sulfuree, di arena, di materie zuccherine, e di colori diversi; ma queste piogge non sono che ceneri, arene, perspirazione di piante, ed altre materie che elevate in alto dai venti da un luogo in un altro sono trasportate. Le piogge che diconsi di sangue, sono per lo più provenienti da insetti o da polvere degli alberi, ch'essendo rossi e mescolati colla pioggia danno a vedere l'apparenza di pioggia sanguigna.

DELLA RUGIADA

304. Quell'umidità che si osserva sul mattino in terra sopra le foglie delle piante e sopra tutti i corpi esposti ad aria aperta, chiamasi *rugiada*; e dicesi *sereno* quando si manifesta all'imbrunire o

Manchester

84

La quantità di pioggia varia in ciascun anno: e in Milano dal 1764 al 1814, la minima quantità ha avuto luogo nel 1771, in cui fu di centim. 5,4, e la massima nel 1814 che risultò di centimetri 132,5. Dividendo quell'intervallo di tempo in un certo numero di periodi successivi ed eguali, si trova una serie crescente nella quantità di pioggia appartenente a questi periodi. Interessa anche di conoscere le quantità medie mensuali, avendo queste un'influenza più diretta sulle messi e sulla vegetazione; e perciò esse si dovrebbero pubblicare unitamente alle annuali. — *Gli Editori.*

in tempo di notte. Ma la rugiada è sempre più abbondante in quantità del sereno, ed in generale la prima è più copiosa sul mattino, che alla sera ed alla notte.

Credeasi una volta che la rugiada fosse discendente dall'atmosfera, e ascendente dalla terra, e tutto si spiegava per elettricità⁹⁸. Poichè avendosi la rugiada per elettrica, si supposea attirata da alcuni corpi, e da altri respinta. Ma oggi si conosce che il contatto de' vapori co' corpi freddi determina la rugiada, non altrimenti che si osserva in tempo di state sulle pareti di un bicchiere entro cui si versa acqua fredda o altro liquido gelato. Le circostanze poi che più opportune si stimano alla formazione della rugiada, sono ciel sereno, aria tranquilla, alquanto umida, non troppo riscaldata nè troppo fredda; e 'l modo con cui tali circostanze influiscono andremo qui esponendo secondo i principj del Wells.

305. Parlando dell'etrioscopio (num. 266) abbiamo già detto

⁹⁸Intorno alla rugiada si può consultare la Memoria: *Esperimenti ed osservazioni di metereologia*, di Fusinieri negli *Annali delle Scienze* del Regno Lombardo-Veneto, tomo I, 1831, pag. 31 e 192; e principalmente l'*Aggiunta* e l'*Appendice* al precedente scritto, ne' quali si parla particolarmente *sopra la causa della rugiada*. Annali suddetti, tomo I, pag. 449; e tomo II, 1832, pag. 23, 59 e 305. — *Gli Editori*.

che i corpi mandando calorico raggiante verso lo spazio e le regioni celesti si raffreddano. Questo abbassamento di temperatura proviene da ciò, che maggiore è la quantità del calorico che perdono raggiando, di quella che acquistare possono dall'aria e da' corpi circostanti, massime che i corpi più forniti della facoltà di raggiare sono meno deferenti del calorico condotto (tomo I., *Del Calorico*, cap. III e IV). Ora nel giorno o pur di notte, quando il cielo è nuvoloso, le perdite cagionate dal raggiamiento son compensate da' raggi calorifici, che sono scagliati verso i corpi dal sole e dalle nuvole, e perciò piccolo o nullo viene a riuscire l'abbassamento della temperatura. Wells ha dimostrato coll'esperienza, che bastava sospendere ad alcuni piedi di altezza un velo sottile sopra un vetro o metallo, affinchè questo o quello non si raffreddasse; perciocchè il calorico, come dal vetro o dal metallo raggiavasi, iva ad imbattersi sopra quel velo, da cui tornava al vetro o al metallo, e con tale baratto non veniva a minorare la temperatura di questi corpi. Ma in tempo di notte, quando il cielo è sereno, molta è la perdita che fanno i corpi raggiando calorico, della quale non sono rifatti dallo spazio e dall'aria, che rimandano poco o nulla del calorico. La prima circostanza adunque necessaria alla formazione della rugiada è quella del ciel sereno, perchè allora si può abbassare sensibilmente la temperatura de' corpi in riguardo a quella dell'aria ambiente.

306. Ma sebbene il cielo sia sereno, non tutti i corpi egualmente si raffreddano, perchè non tutti i corpi, siccome abbiamo dimostrato parlando del calorico, son dotati della stessa facoltà

di raggiare. E perchè tutti quei che più riflettono il calorico, meno ne raggiano, come sono i metalli, e in particolare i bruniti, ec.; così ben si comprende che alcuni si raffreddano di molto, ed altri meno ed altri pochissimo. Nasce da ciò che tra corpi esposti all'aria, ancorchè tutti sieno in contatto co' vapori, non tutti s'irrorano, giacchè non tutti sono raffreddati a segno di condensare i vapori. È noto di fatto l'esperimento, con che collocandosi alla medesima altezza pel medesimo tempo nell'aria due lamine, una di vetro e l'altra di metallo, si osserva che quella s'irrorà, e questa no; perchè il vetro raggiando di più che non fa il metallo, massime se è pulito, quello e non questo si abbassa di temperatura a segno di formar la rugiada. È tanto ciò vero, che basta mettere un vetro sopra un metallo, perchè il vetro non si asperga di rugiada; giacchè il metallo, che è riflettente del calorico raggiante e deferente del condotto, compensa di continuo al vetro la perdita del calorico che questo soffre, ed impedisce che prenda quella bassa temperatura ch'è necessaria a formarsi la rugiada. Indi si è introdotta tra i fisici la distinzione di corpi *irrorabili* e *non irrorabili*, che si riduce a quella de' corpi più o meno atti a prendere coll'emissione del calorico raggiante la bassa temperatura. Viene finalmente da sè che la massima quantità di rugiada si deve depositare sul far del giorno, perchè avendo i corpi perduto calorico per tutta la notte, allora il loro raffreddamento è giunto al *maximum*.

307. Non basta che i corpi si raffreddino per aspergersi di rugiada, ma sono necessarie le circostanze di un'aria umida, non

agitata, non troppo calda, nè troppo fredda. Poichè l'aria non essendo troppo calda, ma alquanto umida, abbondano i vapori, e questi si possono facilmente condensare. Oltre di che essendo tranquilla l'aria, i corpi non possono ricevere nuovo calorico dall'aria, che va e, viene, ed al contrario possono i vapori dimorare sui corpi raffreddati tanto da addensarsi. Che se poi l'aria è molto fredda, piccola riesce la differenza tra la temperatura dell'aria e quella de' corpi raffreddati per l'emissione del calorico raggianti, e questi non possono operare sensibilmente sopra i vapori.

Secondo questi principj va dichiarando Wells tutte le particolarità della rugiada; e sebbene egli non nieghi che si alzi dal suolo qualche piccola porzioncella di vapore condensato, pure dimostra che questa è minima, e non si può dire che formi la rugiada (Vedi la sua opera *Saggio sulla rugiada*, ec. e l'estratto che si trova nel tomo LVIII della *Bibliot. Britan.* e nel tomo V degli *Annali di Chimica e Fisica*, pag. 183).

DELLA BRINATA

308. La rugiada o pure la nebbia leggermente gelata forma la *brinata*, o, come alcuni chiamano, la *nebbia gelata*, che in lunghi fili vagamente intrecciata pende e si attacca alle creste e a' rami degli alberi, a' peli degli animali, ec. Non è necessario per prodursi la brinata, che la terra e i corpi terrestri abbiano acquistato il grado della congelazione, ma che gli sieno molto vicini; perciocchè vengono le piccole gocce della rugiada a gelare per l'aumentata evaporazione che ha luogo al far del giorno. Però accade che la

rugiada, ch'è rugiada avanti che il sole si levi, diventa brinata dopo che questo astro è salito sopra l'orizzonte. È inoltre da notare che come il contatto de' vapori co' corpi raffreddati forma la rugiada, nella stessa guisa il contatto de' vapori con alcuni corpi genera la brinata. Di fatto mentre la nebbia, i nugoli e i vapori nuotano nell'aria senza gelare, quelle vescichette aquee ond'è composta la nebbia, rotte e disfatte da' corpi solidi molto raffreddati, si congelano l'una dopo l'altra, cristallizzandosi in bella forma, massimamente sopra i vetri, in cui si cristallizzano in ispire e in fogliami di vaghissima figura. Si può leggere nel tomo XXII dell'*Accad. di Torino per gli anni 1813–14* la Memoria del sig. Carena, che spiega le figure della brinata sopra i vetri, per le molte e varie resistenze che la superficie di questi oppone all'effetto dell'attrazione delle parti dell'acqua, e specialmente per l'imperfetta ed inegual deferenza pel calorico dei varj punti del vetro, la quale deve eccitare, come egli dimostra, de' moti curvilinei ne' vapori, quando sono per gelare.

DELLA NEVE

309. Se per un freddo intenso si condensano i vapori pensili nell'aria, e si rapprendono, formasi quel corpo solido, bianco, opaco, molto leggiero ed irregolare, che dalle nuvole cade lentamente in forma di fiocchi, e dicesi *neve*. La sua formazione suppone nell'atmosfera la temperatura del gelo, e si può formare o quando ad un'aria umida sopraggiunge un'aria secca e fredda sotto il gelo, o pure a questa sopravviene quella. Poichè allora i vapori elastici si riducono a vescicolari, e prendono l'apparenza

di nuvole bianche; e le temperature diverse riducendosi a quella del gelo, i vapori non si possono più sostenere e cadono in neve, la quale dura finchè l'aria depone l'umido, in seguito di che viene il buon tempo. La neve cade sotto la forma di stella a sei raggi se i vapori si cristallizzano in un'aria tranquilla, o in quella di fiocchi irregolari se per l'agitazione dell'aria i cristalli si vengono ad urtare o a riunirsi in gruppi. Sonosi poi osservati alcuni piccolissimi funghi rossi che fruttificano nella neve, e portano il nome di *uredo nivalis*, che, come oggi credesi, colorano in rosso la neve delle Alpi e presso la baja di Baffin (V. *Annali di Chimica e Fisica*, tomo XII, pag. 80; e *Bibliot. universale*, tomo XII, ec.).

DELLA GRANDINE

310. Quel corpo gelato trasparente di figura sferica, più o meno irregolare, che cade con veemenza sulla terra, dicesi *grandine*. La neve n'è il principio, perchè nel centro di ciascun grano di gragnuola ritrovasi un nocciolo di neve trasparente, bianchiccio, ed assai più rado e soffice del resto. Per lo che è da distinguersi nella grandine la crosta, che è dura e compatta, ed è ghiaccio solido e cristallino, dal nocciolo centrale, ch'è vera neve spungosa; donde si dimostra che là dove i vapori nella neve gelano nell'unirsi o nell'atto di avvicinarsi, nella grandine si uniscono intorno alla neve e poi agghiacciano.

Due sono le cause che si cercano per la spiegazione di questa meteora: l'una, che dichiara donde abbia origine il freddo che da principio riduce in neve i vapori; e l'altra, che dimostri in qual modo si formi la crosta ghiacciata de' grani della grandine, che

talvolta riduconsi ad una grossezza notabile. Volta fu il primo a recare in mezzo de' principj più ragionevoli per soddisfare a queste due circostanze. Poichè ritrasse il freddo, che dà principio alla grandine, da una rapida e molto copiosa evaporazione promossa nelle nubi grandinose dall'aria secca superiore, ed ajutata dalla viva azione dei raggi solari. E si fermò tanto più in quest'opinione, che la grandine suole accadere nella state e nell'ora eziandio del meriggio. A spiegar poi la grossezza e la crosta della grandine, suppose due strati di nubi, l'uno inferiore e l'altro superiore, paralleli tra loro e dotati di elettricità contraria, in mezzo ai quali i primi grani della grandine si alzano e ricadono, e di nuovo sono spinti all'insù e di nuovo all'ingiù, come vediamo accadere nella danza elettrica (tomo I, num. 351). In questo modo saltando quei grani e risaltando tra i due strati superiore ed inferiore, rompono altri vapori vescicolari, li gelano, e si uniscono e ingrossandosi s'incrostano, finchè in fine non potendo più reggere cadono in terra. E però non di rado avviene che la caduta della grandine è determinata da una scarica elettrica, giacchè la gragnuola dopo il fulmine sempre si rinforza ed è più copiosa.

311. Non è piaciuta al Bellani questa spiegazione; perciocchè non crede che l'evaporazione sia capace di poter generare quel freddo tanto intenso e prolungato quanto bisogna alla formazione della grandine; molto più che le grandini hanno ancora luogo in tempo di notte e senza l'azione del sole. E però venne

nell'opinione che la gran dilatazione e rarefazione dell'aria prodotta dall'elettricità sia più presto la prima causa della formazione della grandine. Osserva poi lo stesso Bellani che la danza de' granelli di grandine sia una supposizione molto sfornita di verisimiglianza e di probabilità. Poichè non è verisimile che stessero per lungo tempo vicini e paralleli due strati nuvolosi diversamente elettrici, nè si comprende come pallottole di ghiaccio ben poco deferenti possano così facilmente e sollecitamente concepire contrarie elettricità, e a tal grado da essere spinte in alto contro la direzione della gravità e la celerità acquistata nel cadere (V. *Riflessioni* del Bellani *intorno all'evaporazione* nel tomo X del *Giornale di Fisica di Pavia*, pag. 359).

312. Buch crede che l'elettricità non sia assolutamente necessaria alla formazione della grandine, e che intanto appariscono simultanei i due fenomeni della grandine e delle scariche elettriche, in quanto hanno un'origine comune nel medesimo spazio, non già che l'una sia cagione dell'altra. Considera adunque la grandine come un processo dell'evaporazione che ha luogo negli strati d'aria più bassi e più riscaldati, e riguarda quella meteora come un effetto dell'elevazione locale di una colonna di aria, che riscaldata più delle altre per cause molte e diverse si alza in alto, seco strascinando i vapori. Quando, dic'egli, questa colonna ha oltrepassato l'altezza in cui i vapori conservano il loro stato elastico, ch'è la temperatura di 10°R. , allora cominciano a piovere delle gocce. Le quali cadendo in uno spazio d'aria, in cui la tem-

peratura a cagion d'esempio è 15°, si metteranno in evaporazione o si raffredderanno rapidamente, come se entrassero in uno spazio senza vapori alla temperatura di 5°. Se il resto delle gocce poi cade in uno strato ancora più basso, e vi rincontra uno spazio vòto di vapori a 5°, cadrà o sarà disciolto (V. le *Memorie di Berlino*, 1818).

313. Ma i fisici non si sanno persuadere che il fluido elettrico non abbia parte alla formazione della grandine; e sia che l'elettricità si tenga come un'introduzione necessaria alla rarefazione, o come la causa che porti a compimento i grani grossi della grandine, tutti son d'accordo che il fluido elettrico, il quale si mostra nella caduta della grandine, cooperi ancora alla formazione di questa meteora. Per lo che è da confessare che incerti ancora siamo sulle cagioni che producono la grandine⁹⁹.

⁹⁹La grossezza dei grani di questa meteora potrebbe facilmente spiegarsi senza ricorrere col Volta alle due nubi in istato elettrico opposto, le quali producendo nei diaccioli una specie di danza, dan tempo al primo nucleo di vestirsi di nuovi strati di vapor acqueo che si congela. In fatti l'acqua può molte volte abbassarsi di parecchi gradi sotto lo zero, senza che si solidifichi, il che accade quando il raffreddamento succede grado a grado, e le sue molecole si trovano in uno stato di quiete relativa, senza intrinseca agitazione. Se ciò avviene per rispetto all'acqua in masse liquide, più ancora può

succedere in questo fluido ridotto allo stato di vapore vescicolare, in cui le molecole essendo naturalmente più distanti fra loro, debbono più facilmente sottrarsi alla coesione che tende a solidificarle. In tutti questi casi un urto meccanico intestino contribuisce moltissimo a favorire l'agghiacciamento, e l'esperienza ci mostra che l'acqua raffreddata in tal modo si consolida tosto in massa al momento che s'imprime un moto intestino nelle sue molecole.

Ora una nube è molto meno capace a congelarsi quando è in istato elettrico, poichè questo fluido, imprimendo alle molecole acquee una tendenza ad espandersi, tiene luogo del calorico di cui la nube medesima è stata spogliata, e serve a contrabbilanciare la forza di coesione che è diretta a consolidare la massa. Ma se in tale stato della nube, ad una temperatura cioè inferiore allo zero, si sottrae l'elettrico di cui essa è pregna, e le s'imprime il moto intestino mentovato superiormente, con cui si facilita l'azione della coesione delle molecole acquee, egli è chiaro che i vapori si consolideranno subitamente in masse e daranno luogo alla formazione della grandine. Dalla scarica elettrica della nube, oltre a togliersi il fluido elastico che impediva alla coesione d'agire, s'imprime appunto nelle molecole un tale moto nelle parti con cui si ha un riconsolidamento subitaneo. E non dovrà quindi far meraviglia se la gragnuola acquisti in un momento un volume considerabile, come avviene dell'acqua

314. Ciò non pertanto sonosi formati i *paragrandini*, nell'intendimento che la grandine provenga dall'elettricità; poichè il paragrandine non è altro che un parafulmine, e si è creduto che delle grosse corde di paglia aprendo la comunicazione tra molte punte metalliche elevate ad una mediocre altezza nell'aria e 'l suolo, possano allontanare la grandine, come i fili metallici de' conduttori frankliniani allontanano i fulmini. Ma non tutti convengono sull'utilità de' paragrandini che sonosi situati ne' campi per allontanare la grandine dagli alberi e dalle piante, cui suole recare gran danno e devastazione. E sebbene molto siasi piatito; pure alcuni l'han rigettati come inutili, ed oggi son caduti in discredito. Se ne può vedere la storia nel tomo XXXIII della *Bibliot. univers.* pag. 45.

DELLE TROMBE

La *tromba marina*, il *turbine* o *tifone* non è altro che una colonna di densi vapori per lo più di forma conica, che girando progressivamente si muove, e congiungendosi col mare o colla terra, schianta col suo movimento vorticoso alberi ed edifizj, innalza

liquida nelle sperienze di gabinetto. Da questo modo di spiegare il fenomeno si vede come sia necessario l'elettrico alla sua produzione, e come in inverno nei nostri climi non cada mai grandine, quantunque si abbia una temperatura di parecchi gradi sotto lo zero. — *Gli Editori.*

ed involuppa vascelli, solleva le acque del mare, e cagiona alluvioni e rovine. I marinai per liberarsi da questa terribile meteora la squarciano a colpi di cannoni. D'ordinario le circostanze in cui si forma sono calma nell'atmosfera, calore e abbondanza di vapori; e l'agente principale, come in tutte le altre meteore, si crede il fluido elettrico. Ciò non ostante ci han di quei che l'attribuiscono a contrasto di venti, ed altri ad una massa d'aria riscaldata, che si solleva spiralmemente a traverso gli strati atmosferici soprastanti. Ma è da confessare che nulla sappiamo di certo intorno alle trombe, le quali per altro sono più frequenti in mare che in terra.

315. Da quanto abbiamo esposto trattando delle meteore aquee, è a chiunque aperto che sebbene da più tempo in più luoghi sieno stati attenti i fisici alle osservazioni meteorologiche, pure poco o niente si sono avanzate le nostre conoscenze intorno a sì fatti fenomeni, che per altro corrono agli occhi di tutti e di continuo si manifestano; e sebbene siesi giunto speculando a immaginare più ipotesi per illustrare un sì fatto ramo delle nostre cognizioni, pure dobbiamo confessare la nostra ignoranza. Ne possiamo addurre in prova le vicende che si osservano nell'altezze del barometro, che sono intimamente connesse collo stato dell'atmosfera, e non sono ancora ben dichiarate. Kirwan ammettendo, come fanno i fisici, le correnti superiori di aria che dai tropici scorrono verso i poli, e le altre correnti inferiori che in corrispondenza vanno da' poli verso i tropici, si sforzò col suo ingegno di tutte spiegare le variazioni barometriche che han

luogo sulla terra. Essendo ineguale, dic'egli, la velocità con che si muovono queste due maniere di correnti, perchè le superiori incontrano meno ostacolo delle inferiori, ne segue che là dove l'aria dalla parte superiore accorre, dee aumentarsi la pressione dell'atmosfera, e perciò l'altezza del barometro, e diminuirsi al contrario là donde l'aria si parte. Nell'inverno, soggiunge, si scema la resistenza alla corrente aerea, che nelle parti superiori dell'atmosfera va dall'equatore verso il polo artico, e nella state succede precisamente l'opposto. Passando adunque nell'inverno maggior quantità d'aria dalla torrida ne' nostri climi che nella state, il barometro si deve innalzare alla massima altezza, e ad un'altezza minore nella state, siccome dalle osservazioni si ricava. Nella primavera poi e nell'autunno essendo sul punto le correnti superiori di mutar direzione e quantità, vanno esse sottoposte a varie oscillazioni, che influendo sul peso dell'atmosfera cagionano ancora nel barometro delle frequenti variazioni. E come la differenza tra le velocità delle correnti superiore ed inferiore è più grande vicino a' poli che vicino all'equatore; così il barometro deve variar di più e tenersi più alto presso quelli che presso questo. E così di mano in mano assegnando delle cause locali, come i monti, le selve, ec., o pure dei venti che riscaldano o raffreddano l'aria, va dichiarando le varie vicende cui debbono soggiacere le correnti superiori dell'aria, ed in conseguenza le altezze barometriche. Ma lasciando ogni altra considerazione del Kirwan, che si può leggere nel suo opuscolo, *Saggio sulle variazioni del barometro*, noi recheremo qui le cagioni ch'egli mette avanti per

dichiarare l'abbassamento del barometro al sovrastar di una burrasca, o all'avvicinarsi della pioggia. Nascendo, a creder di lui, la burrasca da uno sconcerto nell'equilibrio dell'aria, che proviene da una notevole rarefazione in qualche parte dell'atmosfera, questa stessa rarefazione, ch'è causa della burrasca, deve produrre l'abbassamento del mercurio. E parimente rarefatta l'aria per qualche cagione, il barometro si abbassa e l'evaporazione dell'acqua si accresce; e soprasaziandosi così l'atmosfera, ne vengono le nubi e la pioggia; sicchè per la stessa causa succede l'abbassamento del barometro, e si producono le nubi e la pioggia. È questo il pensiero con che il Kirwan dichiara le indicazioni del barometro, che secondo il linguaggio comune predice la pioggia e le burrasche.

316. Ma per quanto parvero ragionevoli e soddisfacenti tali spiegazioni da principio, pure non si tengono oggi in gran pregio. Noi non conosciamo ancora tutte le cagioni che immutare e modificare possono lo stato dell'atmosfera. E sebbene abbiamo certezza che l'elettricità si accumuli nelle nubi, e scorra ed operi nell'atmosfera, ignoriamo quale sia la sua influenza in questa o in quell'altra modificazione che ha luogo nell'aria. Incerti oltre a ciò siamo sulla più parte delle meteore e specialmente delle aquee; ed ancorchè si sia sicuri che i vapori, secondo varj passaggi in cui si trovano, diano origine alle nubi e alle nebbie ed alla pioggia; pure non conosciamo ancora tutte le cause che possono immutare lo stato de' vapori, e come questi prendano ora la forma di nubi, ora si risolvano in pioggia, o cadano in neve od

in grandine. Come dunque interpretar possiamo tutte le modificazioni dell'atmosfera, e la vicenda della sua pressione per via di sole correnti superiori ed inferiori, come fa il Kirwan? Perchè escludere del tutto l'elettricità (che è capace di dilatar l'aria e produrre temperature diverse) nel dichiarare le vicende dell'atmosfera, se noi vediamo che d'ordinario o nelle piogge o nelle burrasche sogliono precedere delle scariche elettriche, o accompagnarle? Per lo che, senza lasciarci portare alla fantasia ed alle ipotesi, dobbiamo conchiudere che non siamo ancora in istato di somministrare una ragione vera e costante di sì fatte modificazioni dell'atmosfera.

317. Si vede da tutto ciò che non sono infallibili i prognostici che si ricavano dal barometro; perciocchè questo strumento è destinato a indicare il peso dell'aria e nulla di più. Di fatto l'osservazione ci attesta che la pioggia e 'l bel tempo non hanno un'influenza costante e regolare sulle variazioni del barometro; giacchè il mercurio talora monta colla pioggia e talora si abbassa col bel tempo. In Palermo spesso col forte scirocco il barometro si abbassa, e intanto non piove. Ciò non di meno è da confessare che spesso il barometro prognostica, se non il bel tempo, la pioggia. Poleni stabilì che tra 1000 prognostici 645 si riscontran veri, e Prevost ebbe ad osservare che l'abbassamento del barometro precede due piogge di tre. Ma ancorchè le predizioni del barometro fossero concordi al fatto, sempre dobbiamo confessare che non conosciamo il legame che unisce la pioggia colla dimi-

nuita pressione dell'atmosfera, o sia coll'abbassamento del barometro.

CAPO III — DE' VENTI.

318. Il *vento* è un movimento dell'aria, per cui una porzione dell'atmosfera più o meno rapidamente si trasporta da un luogo in un altro per mettersi in equilibrio. I cosmografi han diviso in più punti l'orizzonte per designare la direzione de' venti, e distinguerli con un nome. Suppongono l'orizzonte diviso in 32 parti eguali da sedici diametri, per mezzo de' quali camminando dalla circonferenza al centro, segnano 32 direzioni o *rombi* de' venti, come si può osservare nella *fig. 96*, che rappresenta la *rosa de' venti*. Il diametro che coincide col meridiano dell'osservatore indica con un'estremità *A* il nord, e coll'altra *C* il sud; ed un secondo diametro, che taglia il primo ad angoli retti, indica coll'estremità *B* l'est, e coll'altra *D* l'ovest. Questi quattro punti, che si chiamano *cardinali*, dan poi la denominazione a quei che sono tra loro intermedj. Così il punto che sta in mezzo al nord ed all'est dicesi nord-est, e si suol segnare *NE*, e l'altro tra il nord e l'ovest si denomina nord-ovest ossia *NO*. Nello stesso modo si distingue il sud-est ossia *SE*, ed il sud-ovest ossia *SO*. In seguito si van pigliando gl'intermedj tra nord e nord-est, tra est e nord-est, e così di mano in mano si van combinando a tre a tre o senza alcuna aggiunta, o pur coll'aggiunta della frazione $\frac{1}{4}$, a

misura che i punti corrispondenti suddividono in parti più piccole lo spazio frapposto tra due punti cardinali vicini. Per lo che si designano 32 punti, che diconsi del compasso, e danno la denominazione a' venti che da tali punti spirano. Di fatto il vento che spira dal nord si chiama *nord* o *tramontana*, e quello che viene dal sud si dice *sud* o *mezzogiorno*, e così successivamente degli altri¹⁰⁰.

¹⁰⁰I quattro punti cardinali *nord*, *sud*, *est*, *ovest* danno dunque il nome ai venti che soffiano in quelle direzioni. I nomi dei venti intermedj partecipano di quelli dei cardinali combinati con alcune regole, col far precedere cioè alla denominazione composta con quei quattro vocaboli il nome di uno di quelli che indicano i poli: così il vento *nord-est*, e non *est-nord*, è quello che soffia nel giusto mezzo della direzione nord ed est. I quattro venti *nord-est*, *nord-ovest*, *sud-est*, *sud-ovest* chiamansi *collaterali di primo ordine*. Volgarmente il vento nord appellasi di *tramontana*, sud di *austro* o mezzodì, est di *levante*, ovest di *ponente*; e il vento nord-est di *greco*, nord-ovest di *maestro*, sud-est di *scirocco*, sud-ovest di *libeccio* o di *garbino*. Rispetto alla denominazione dei venti posti frammezzo ad un cardinale e ad un collaterale si segue la stessa regola, coll'avvertenza di far precedere il nome del vento cardinale a quello del collaterale. Perciò si ha il vento di *nord-nord-est*, che spira frammezzo al nord ed il nord-est, e così dei rimanenti. Questi altri otto venti chiamansi *collaterali del secondo ordine*. Nella

319. I venti in riguardo alla loro durata o ritorno, e ad altre circostanze, si dividono in generali o costanti, periodici ed irregolari o variabili. I costanti spirano sempre nello stesso luogo e presso a poco nella medesima direzione, e s'incontrano tra i due tropici, e radamente al di là. Tale è il vento chiamato *aliseo* o *sub-solano*, ch'è di est; ma non ha precisamente la stessa direzione, nè in tutta l'estensione della zona, nè in tutte le stagioni dell'anno. Nell'emisfero settentrionale spira, avvicinandosi più o meno al nord-est, e nel boreale al sud-est. Si nota poi che il sud-est oltrepassa l'equatore e giunge sino a 3° circa di latit. boreale; ma il nord-est non giunge sino a 5° della stessa latitudine, di modo che restano 2° più o meno, che si chiamano *il limite degli alisei*, in cui i

denominazione dei venti intermedj ai già notati si osserva la regola seguente: la denominazione si forma dal nome del vento cardinale o collaterale del primo ordine più vicino seguito dalla frazione $\frac{1}{4}$ coll'aggiunta dell'altro collaterale di primo ordine o dell'altro cardinale fra i quali è posto: così *nord* $\frac{1}{4}$ *nord-est* indica il vento che soffia in una direzione vicina al nord, e distante da questo di $\frac{1}{4}$ dell'intervallo che lo separa dal nord-est; istessamente *nord-est* $\frac{1}{4}$ *nord* significa essere la direzione vicina al nord-est, e distante da questo di $\frac{1}{4}$ dell'intervallo da cui è diviso dal nord. Questi altri sedici venti si appellano *quarte di vento*. — *Gli Editori*.

venti costanti tacciono, e vi s'incontrano frequenti calme accompagnate da piogge copiose e non meno frequenti burrasche.

320. I venti periodici, che si chiamano *moussons*, o *venti di stagione*, spirano costantemente per molti mesi, e sono d'ordinario seguiti da altri che sono contrarj, ma di egual durata. Sulle coste di Arabia, del Malabar, nel golfo di Bengala, e generalmente in questa parte settentrionale dell'Oceano indiano sino all'equatore, spira da aprile ad ottobre con impeto e procelloso il sud-est, e dall'ottobre ad aprile il nord-est men violento, ed accompagnato da una costante serenità del cielo. E così avviene in tanti altri luoghi che si possono veder notati nell'*Introduzione alla filosof. natur.* di Muschembroek e negli autori di nautica. È solo da osservarsi che quando sono per cangiare le direzioni de' venti periodici, sogliono aver luogo delle calme più o meno lunghe, e talvolta de' venti variabili che producono turbini e tempeste¹⁰¹.

321. Si possono chiamare anche periodici i venti che da' Greci si denominavano *etesie*, e spiravano nello stesso tempo dell'anno dal nord-est, o pure gli *zèffiri* che veniano dall'ovest. Periodici sono i venti che in una stagione e per più mesi cominciano a soffiare alcune ore dopo il levar del sole dal mare, poi vanno rafforzando dopo mezzodì, indi illanguidiscono, e prima della

¹⁰¹I venti che principalmente soffiano in primavera nei paesi e sui laghi dell'Italia settentrionale, possono essere annoverati nella classe dei periodici. — *Gli Editori*.

sera mancano per ritornare il domani. A questi venti marini succedono indi nella sera i venti di terra, che durano nella notte. Questi venti, che si chiamano *brises di mare e di terra*, nella state sono sensibili in tutte le coste del Mediterraneo, siccome vediamo avvenire in Palermo.

322. Fuori de' tropici la direzione de' venti non suol essere regolare, e cangia così frequente che i venti pigliano il nome d'*irregolari e variabili*. Nè di rado avviene che due o tre di questi venti soffiano nel medesimo tempo e con direzioni diverse ad altezze diverse. Ciò non ostante si crede che i venti sieno meno variabili nella zona temperata meridionale, che si trova in gran parte coperta delle acque, che nella zona temperata settentrionale, dove la direzione de' venti è alterata da' monti.

323. Or non vi ha dubbio che tutte le cause che possono cangiare la gravità specifica dell'aria, e la sua molla inegualmente ed in punti diversi dell'atmosfera, debbono dare origine ad un movimento progressivo dell'aria ossia ad un vento. Tra queste si enumeravano prima l'azione del sole e della luna, che si credea capace di eccitare una forte marea atmosferica; ma oggi si reputa nulla l'azione della luna, e quasi nulla eziandio quella del sole in virtù della sua massa, e solamente gli si attribuisce l'altra come astro calorifico, perchè questa seconda e non la prima può giungere a suscitare un movimento sensibile nell'aria. Però il calore che produce il sole in ciascun giorno e in ciascuna stagione sulla terra, e questa sull'atmosfera, si tiene come cagione di vento.

Anzi oggi da alcuni si aggiunge il calore dello spazio interplanetario, come quello che può ancora eccitare calore, e col calore modificare il peso, la densità e la molla dell'aria; ma questo è al presente un semplice pensiero, e non già un fatto. La forza centrifuga inoltre che concepisce la nostra atmosfera rotando, si può ravvisare del pari come cagione di vento, perchè quella forza le imprime più velocità verso l'equatore che ai poli. I vapori in fine, le piogge, l'elettricità atmosferica, l'esalazioni che si alzano dalla superficie della terra, la fusione delle nevi, i vulcani, l'effervescenze sotterranee, le onde del mare, le catene delle montagne, il corso de' fiumi, ed altre cause simili possono tutte più o meno, in un punto più presto che in un altro, alterare l'equilibrio dell'atmosfera, produrre in essa delle correnti, e dar principio a' venti.

324. Ma queste cause, che muovono le correnti dell'atmosfera, sono generali, e per spiegare fisicamente i venti costanti e periodici che ci manifestano una località, dobbiamo rivolgerci a cause particolari. Richiamando adunque alla memoria che tra l'equatore vi hanno due correnti, l'una superiore (num. 315) che parte dall'equatore verso il polo nord o sud, e l'altra inferiore che da questo o da quel polo va all'equatore, si può comprendere la spiegazione del vento aliseo costante, che ha luogo tra i tropici, nel modo che fu immaginata da La Place. Poichè le molecole dell'aria nella corrente inferiore che scorre dal polo verso l'equatore, nell'atto che giungono a' tropici, son fornite di una celerità di rotazione ch'è minore di quella che hanno là i corpi terrestri; giacchè è già noto che la celerità di rotazione va crescendo da'

poli all'equatore. Girando adunque nel medesimo verso da ovest ad est in mezzo a' tropici i corpi situati sulla superficie terrestre con maggior velocità, e la corrente che sopraggiunge con celerità minore, egli è chiaro che i corpi terrestri debbono urtarla coll'eccesso della propria velocità. E come l'osservatore si crede immobile; così gli pare, non già che egli urti la corrente nel verso dall'ovest all'est, ma che la corrente urti lui dall'est ad ovest: ed ecco il vento aliseo dell'est. Ma in verità la corrente che si parte dal polo, a misura che va camminando, va pigliando più velocità, nè pare che verso i tropici debba esser tanta la differenza tra la velocità della corrente e de' corpi terrestri da produrre quell'illusione. Nè si può inoltre spiegare perchè l'illusione del vento d'est debba aver luogo giusto ai tropici e non prima, se molto prima de' tropici la rotazione della terra è molto più celere che verso i poli. Dovrebbero di più gli alisei spirare non solo in mare, ma eziandio sulla sommità degli alti monti, dovendo questi in egual modo operare colla maggiore lor velocità sopra quella delle correnti. Per queste adunque ed altre simili ragioni alcuni, lasciato il pensiero di La Place, sonosi rivolti all'ipotesi dell'Halley.

325. Suppone questi, oltre le due correnti, l'una delle quali va dall'equatore a' poli, e l'altra da questi a quello, una terza corrente nel basso che va tra i tropici verso l'occidente pel successivo riscaldamento ed espansione dell'aria che si fa dal sole nel corso del giorno. Per lo che la corrente inferiore che si parte dal nord, giunta a' tropici, incontra quella che dall'est va verso l'ovest, e componendosi queste due correnti ne formano una intermedia

nord-est. E parimente l'altra corrente che viene dal sud, rimescolandosi ne' tropici colla corrente che va all'ovest, forma la direzione della corrente sud-est. Ma dove le colonne d'aria sono più riscaldate, come avviene nell'equatore e all'intorno, quasi tutta la corrente si solleva in alto, nè si genera il vento che verso l'ovest, e però gli alisei debbono mancare, come di fatto mancano. E siccome la forza calorifica del sole si sente più nell'emisfero boreale che nell'australe; così è facile a comprendersi perchè il limite de' venti alisei si ritrova tra 2° e 5° di lat. boreale. Finalmente siccome stando il sole ne' segni boreali cresce la celerità della corrente verso l'ovest, e scema quella della corrente che scorre dal nord verso l'equatore, così avviene che la direzione della risultante piega alquanto verso l'est, e nello stesso tempo dee piegare un poco al sud, per la ragione opposta, la direzione del vento aliseo nell'emisfero australe. Il contrario deve succedere quando il sole è ne' segni australi.

326. Alla produzione de' venti periodici contribuisce il cangiamento delle stagioni, ossia il corso del sole; e a questa causa si congiungono le circostanze locali di varj paesi, per cui l'aria si viene più o meno a riscaldare ed a rarefare. Così dall'aprile all'ottobre debbono spirare i venti di sud-est nel mar dell'Indie, perchè il sole si accosta e si ferma in questi mesi vicino al tropico di cancro, e riscaldando l'aria, questa si eleva; onde a ricomporsi il perduto equilibrio viene accorrendo l'altra più densa che si muove dalle parti meridionali. Il contrario poi deve succedere

dall'ottobre all'aprile, e deve spirare il nord-est, perchè allontanandosi il sole si raffredda l'aria delle coste indiane, e riscalda quella delle parti meridionali.

327. I venti marini e terrestri, che si succedono di notte e di giorno nelle stagioni estive ne' paesi che stansi alle coste del Mediterraneo, si dichiarano ancora per simile vicenda del calore. La terra di giorno si riscalda più dell'acqua del mare, indi accorre dal mare una corrente per supplire a quella che sopra la terra in alto si alza. Verso la sera le due temperature della terra e del mare si vanno ad equilibrare, e 'l vento tace; ma passate alcune ore della notte il mare diviene più caldo, e più fredda è la terra, e l'aria, che più fredda scende da' monti, scorre verso quella del mare che, come più calda, si eleva (V. la *Topogr. di Palermo*, pag. 137–141).

Dal sinora esposto egli è manifesto che non abbiamo una teorica vera e generale de' venti. Nè tampoco siamo certi della loro celerità, ancorchè Smeathon e tanti altri abbian cercato di misurarne la forza cominciando dal più soave zefiretto, e finendo gradatamente sino a quegl'impetuosi che si osservano negli uragani. Kraaf, che fece in Pietroburgo delle osservazioni sulla celerità de' venti, la ritrovò una volta di 109, un'altra di 129 piedi in 1". Di più si è comparata la velocità dell'acqua all'altra del vento, quando questo e quella sono sospinti dalla medesima forza, e Muschembroek ebbe la velocità del vento per 28 volte di più che l'altra dell'acqua. Anzi Alembert, tenendo la gravità specifica dell'acqua e dell'aria :: 1:800, e l'unità della forza che sospinge

l'aria e l'acqua per quella che fa percorrere all'acqua un piede in 1", stabilì la proporzione $1:800 :: 1^2:x^2$; perciocchè ebbe quelle due gravità specifiche nella ragion duplicata reciproca delle rispettive velocità. Dalla conoscenza indi della velocità del vento trasse de La Hire quella dell'urto, avendo questo come il quadrato della velocità. Di fatto ricavò dall'esperienza che un piede cubico d'aria sospinto dalla medesima forza che un piede cubico di acqua, e che descrive in un secondo 28 piedi, urta in un ostacolo con un impeto eguale al peso una libbra e un sesto. Per lo che conosciuta la velocità a di un vento se ne determina l'urto dicendo, $28^2:a^2 :: 1+1/6$ di libbra: x ; e con questa proporzione venne Smeathon dirizzando una tavola, in cui si esprime a tenore della velocità la forza perpendicolare de' venti sopra una superficie di 9 decimetri quadrati¹⁰².

¹⁰²Incominciando dalla più lieve corrente che produce la *brezza*, fino a quella impetuosa che genera l'*uragano*, vi ha nella forza dei venti una gradazione indefinita. Smeathon ha trovato che la brezza meno veloce percorre in ogni minuto secondo metri 0,448, e il vento burrascoso, il più forte che abbia osservato, aveva la velocità di metri 44,76 pure per secondo. Egli trovò altresì che un vento della velocità di metri 2,20, urta perpendicolarmente una superficie di 9 decimetri quadrati con una forza equivalente a libbre metr. 0,06572, ed il vento più impetuoso accennato superiormente ha mostrato una forza di libbre metr. 222,876. — *Gli Editori*.

328. I fisici a conoscere la direzione de' venti e misurarne la velocità hanno immaginato l'*anemometro*. Questo strumento si può in più modi costruire, e d'ordinario riducesi ad un'asta mobile collocata verticale sul tetto di una stanza, che porta in cima quattro ale che presentano i loro piani al vento. Allora per mezzo di un cordoncino che s'inviluppa nell'asta, col girar dell'ale si misura la velocità del vento; perciocchè quanto più di quello s'avvolge, tanto a proporzione cresce la forza e la velocità del vento. Per lo più si usa di una piuma o di un luffo di bambagia legato ad un cordoncino di seta di 60 in 70 piedi. Poichè si lascia in balía del vento quella piuma o questa bambagia, e dallo spazio che l'una o l'altra trascorre in 1" si misura la velocità del vento. Ma l'anemometro non è mai da collocarsi vicino a cupole, torri, campanili, o rimpetto a muraglie, giacchè allora si avrebbe l'azione de venti riflessi, non già de' diretti.

DELL'ACUSTICA

L'esperienza ci ha insegnato (num. 137), e ciascun sa che l'aria è d'ordinario il mezzo o il veicolo con che giungono i suoni al nostro orecchio. Però al trattato dell'aria venghiamo soggiungendo quello de' suoni, della loro formazione, propagazione e andamento, costituendo l'insieme di queste cognizioni quel ramo della fisica, il quale porta in generale il nome di *Acustica*¹⁰³.

¹⁰³L'Acustica studia il suono al suo nascimento, determina il movimento delle particelle del *corpo* che lo genera, fa conoscere la maniera con cui viene comunicato all'aria e si diffonde in essa, e mostra infine come giunge a colpire le membrane dell'organo dell'udito: al qual punto la scienza della natura si arresta, dacchè hanno termine le modificazioni delle sostanze ponderabili; e per conseguenza i fenomeni che avvengono cessano d'essere di pertinenza della fisica, e ad altra scienza spetta l'analisi dei sentimenti diversi che i differenti suoni imprimono nel nostro spirito. L'*acustica* differisce quindi dalla *musica*: la prima considera il suono fuori di noi e le sensazioni che può produrre, la seconda lo considera in noi, nelle emozioni che può far nascere, e nei sentimenti e nelle passioni che può eccitare a modificare. — *Gli Editori*.

CAPO PRIMO — DELLA FORMAZIONE DE' SUONI.

Esperimento I.

Se alcuno allontana la corda di minugia o di metallo *AB* (fig. 86) dalla sua posizione, essa comincia tosto ad oscillare, facendo la *curva* o *vibrazione* *ACB*, e ritornando alla posizione *AB* è spinta colla velocità acquistata a formare nella parte opposta l'altra curva o vibrazione *AHB* eguale alla prima. Continua così ad oscillare, facendo vibrazioni sempre minori *ADB*, *AGB*, finchè si riduce alla sua prima e naturale posizione.

Quando le vibrazioni sono lente, si possono da noi contare; ma dall'andare e venire della corda alcun suono non si produce, che sia a' nostri organi sensibile: che se la tensione della corda si aumenta, o la sua lunghezza si accorcia, si veggono aumentare le vibrazioni a segno che non si possono contare, e si forma un suono che si può rendere vario, e più o meno grave o più o meno acuto, secondo che più o meno si tende o pur si accorcia la corda.

Quando adunque le parti della corda concepiscono un moto di vibrazione bastantemente rapido, si produce un suono. E come le parti della corda non potrebbero vibrare se questa non fosse elastica; così è da conchiudersi che dall'elasticità nasce il movimento di vibrazione, e da questo il suono.

329. Tutto ciò che osservato abbiamo nell'esperimento della corda, si può anche ravvisare battendo il circoletto elastico, come sarebbe un anello, ch'è rappresentato da *aaaa* (fig. 95): giacchè si vede che l'anello va e viene pigliando la forma ellittica *bb*, o l'altra

nel verso perpendicolare. Per lo che non si dà suono senza vibrazioni che sieno rapide; e queste non potendo aver luogo senza che il corpo sonoro sia elastico, egli è chiaro che l'elasticità sia la causa movente delle vibrazioni, e perciò de' suoni.

330. Ora i corpi sonori si distinguono, come fa Chladni, in più ordini secondo la loro elasticità, o sia in elastici per *tensione*, per *compressione* e per interna *rigidezza*. I corpi flessibili per tensione sono *filiformi*, come le corde, o *membraniformi*, come le membrane de' timballi; l'aria e i gas sono elastici per compressione; e diconsi elastici per rigidezza le verghe che sono filiformi diritte, e gli anelli che sono filiformi curvi, e le lamine di una forma qualunque, e le campane, essendo queste membraniformi curve, e quelle diritte. Da tali corpi adunque, che sono elastici, si producono i suoni per mezzo di vibrazioni ora trasversali, ora longitudinali ed ora rotanti; e noi de' suoni prodotti da sì fatti corpi andremo partitamente ragionando, e prima d'ogni altro delle corde che fanno trasversali le loro vibrazioni.

331. Ad eseguire l'esperienze sulle corde si suole adoperare uno strumento chiamato il *sonometro* (*fig.* 87), che risulta da un banco, su cui si adattano delle corde dello stesso o vario diametro, di varia lunghezza, e sono stirate da pesi che più o meno le tendono.

Esperimento II.

Poste due corde di egual diametro o grossezza stirate da pesi eguali, ma di lunghezza l'una doppia dell'altra, si osserva che il numero delle vibrazioni eseguite nel medesimo tempo dalla

corda lunga, come 1 è doppio di quello che si fa dall'altra corda come 2, o sia che quella corda produce un suono di un'altezza doppia.

332. Da questo esperimento, che si può in più modi variare, si è ritratto che in corde di egual diametro ed egualmente tese i numeri delle vibrazioni o sia i suoni trovansi in ragione inversa delle lunghezze. Però una corda, che quando è lunga non porge alcun suono alle nostre orecchie, come si va accorciando ce lo somministra sensibile, perchè moltiplica nello stesso tempo il numero delle sue vibrazioni. In questo modo si è veduto che il nostro orecchio non giunge a discernere un suono se il corpo sonoro non eseguisca 30 a 36 vibrazioni in un secondo; e si è stabilito che l'orecchio comincia a sentire il primo suono distinto quando le vibrazioni eseguite dal corpo sonoro in un secondo sono 32.

333. Si può variare l'esperimento II, ponendo corde egualmente lunghe ed egualmente tese, ma di grossezza ineguale, perciocchè il numero delle vibrazioni eseguito nel medesimo tempo risulta in ragione inversa de' loro diametri. Di modo che se i diametri sono 1 e 2, il suono della prima corda risulta di un'altezza doppia, o sia il suono della seconda è più grave. O pure poste corde egualmente grosse e lunghe, ove una si tende con un peso eguale 1, e l'altra con un peso come 4, si avrà il numero delle vibrazioni della prima a quello della seconda :: 1:2, o sia nella ragion diretta delle radici de' pesi che si stirano le corde; e però il primo suono sarà al secondo nella ragion diretta delle radici de'

pesi che sottendono, o sia nella ragione delle tensioni, che sono tra loro come le radici dei pesi.

Chiamando adunque P i pesi, L la lunghezza e D il diametro della corda, si avrà il numero delle vibrazioni n , che si eseguiscano dalle corde nel medesimo tempo $n = \frac{\sqrt{P}}{LD}^{104}$.

¹⁰⁴Il numero delle vibrazioni delle corde fatte di materie diverse, segue anche la ragione inversa della radice quadrata delle loro densità. Così se si prende una corda di rame, la cui densità è quasi 9, ed una corda di minugia, che ha la densità rappresentata da 1, le quali abbiano lo stesso diametro e la medesima lunghezza, e sieno tese da pesi eguali; il numero delle vibrazioni eccitate nella seconda corda sarà triplo di quello delle vibrazioni dell'altra fatte nel medesimo tempo. Egli è perciò che nel violino, nel contrabasso, ec., le corde da cui si traggono i tuoni più gravi sono rivestite di metallo, onde diminuire anche coll'elemento della densità il numero delle vibrazioni, senza accrescere di molto il loro diametro. In seguito si vedrà che dal numero più o men grande delle vibrazioni dipende la maggior o minor acutezza dei suoni, o i differenti tuoni della gamma musicale. Chiamando quindi con S la densità della corda, la formola riportata dall'Autore pel numero delle vibrazioni diventerebbe $n = \frac{1}{LD} \sqrt{\frac{P}{S}}$. Ma l'equazione dalla quale si ha il numero assoluto delle vibrazioni in un secondo di tempo, e stata determinata da Taylor.

334. Ora esaminando queste esperienze attentamente, corre agli occhi di tutti che una corda strappata di traverso comincia ad oscillare, ed eseguisce una serie di oscillazioni che sono isocrone, qualunque sia la loro ampiezza. Così nella *fig.* 86 sebbene l'oscillazione *ACB* sia più ampia dell'altra *ADB*; pure questa è a quella isocrona, perchè si eseguisce nel medesimo tempo. Ma le oscillazioni mutano durata se la corda cangia o lunghezza o tensione o diametro, siccome abbiamo raccolto dalla esperienze. Da queste del pari si ricava che come cresce il numero delle vibrazioni, il suono diviene più acuto; e sopra di ogni altro, che un numero di vibrazioni doppio dà un suono interamente analogo, e che si accorda perfettamente con quello che risulta dal numero di vibrazioni semplice, ed è propriamente il suono che in musica si chiama l'*ottava*. Di modo che dividendo una corda prima in metà si ha la prima ottava, e poi la prima metà in un'altra, e di nuovo questa in un'altra ancora, ec., si ha la seconda, la terza, ec., ottava, sino che si giunge all'ultimo limite, in cui verso gli acuti

Essa stabilisce una relazione fra la durata delle vibrazioni, o il loro numero in un dato tempo, la lunghezza, la natura e la tensione della corda, ed è la seguente $n^2 = \frac{gp}{cl}$; in cui n rappresenta il numero delle vibrazioni in un secondo; g la gravità espressa da metri 9,8088; p la forza che tende la corda; l la sua lunghezza e c il peso della lunghezza l della corda medesima. — *Gli Editori.*

può il nostro orecchio discernere appena un suono. Questo limite è stato fissato quando la corda sonora eseguisce più di 8,000 vibrazioni per secondo¹⁰⁵.

¹⁰⁵L'Autore stabilisce pel limite del suono più grave percettibile dall'orecchio umano 32 vibrazioni per secondo (§ 332), e per quello più acuto 8000 vibrazioni nello stesso tempo. In quanto al limite de' suoni acuti, Chladni ammette che si possono ancora sentirne di quelli prodotti da 12000 vibrazioni per secondo; numero che Biot riduce a 8192, e Wollaston lo porta da 18000 a 21000. Savart ha mostrato recentemente che si possono ottenere de' suoni percettibili da corpi che facciano 48000 vibrazioni ed anche più per ogni minuto secondo (*Annales de Chim. et de Phys.* T. XLIV, 1830, pag. 337). Il medesimo Fisico ha cercato pure di provare coll'esperienza che si possono percepire dei suoni più gravi di quelli prodotti da 32 vibrazioni per secondo. Tutte le persone che hanno assistito alle sperienze di lui si accordarono nell'ammettere la percezione distinta di suoni prodotti da 14 a 16 vibrazioni per secondo (*Annales* cit. T. XLVIII, 1831, pag. 69). Egli conchiude che non vi son prove dirette con cui si possa determinare un limite alla percezione dei suoni gravi ed acuti: ed i fatti di Savart sembrano stabilire che la durata della sensazione, in ciascun urto delle sue sperienze, potrebbe essere diminuita proporzionalmente coll'aumento

335. Proseguendo ulteriormente le nostre ricerche sulle corde, possiamo osservare che una corda può vibrare intera come ACB nella *fig.* 86, o divisa in un numero di parti separate tra loro per punti in cui le vibrazioni sono nulle, come si vede nella *fig.* 88 e 89. Questi punti o limiti immobili si chiamano *nodi di vibrazione*, e la curva che descrive o tutta la corda, o ciascuna delle sue parti, si dice *ventre sonoro*, o *ventre di vibrazione*. Così mettendo sotto la metà A della corda nella *fig.* 88 un cavalletto, si vedrà che facendo vibrare questa corda con un archetto, rende un suono eguale a quello che darebbe una corda metà dell'intera; perciocchè ciascuna delle due parti vibra separatamente, e come se fosse sola e fissata stabilmente per le due sue estremità. Ma come ciascuna parte rende l'unisono, perciò non si distingue l'uno dall'altro suono. Se in luogo di mettere il cavalletto alla metà della corda, si collochi al terzo in A (*fig.* 89), si sentirà il suono, che si produce eguale a quello che si rende da una corda ch'è lunga un terzo dell'intera. Poichè la corda si divide in tre parti separate tra loro da' nodi di vibrazione A , B , e ciascuna di

del numero degli urti. I suoni più acuti quindi sarebbero intesi coll'egual facilità di quelli che lo sono meno, se si potesse aumentare la durata della sensazione prodotta per ciascun colpo proporzionale alla diminuzione del loro numero. In un tempo dato i suoni più gravi riescerebbero pure facilmente percettibili di quelli che lo sono meno. — *Gli Editori.*

queste parti manda un suono come se fosse fissata in quei nodi. Lo stesso avviene se il cavalletto si ponesse ad $1/4$, a $1/5$, ec., della corda; perchè questa darebbe un suono come se fosse lunga $1/4$, $1/5$, ec. A provar con certezza una sì fatta verità si soglion apporre (*fig. 89*) in *A*, *B*, che sono i nodi di vibrazione, de' pezzetti di carta, ed altri che sono di colore diverso sopra i ventri sonori, e poi passando un archetto sulla corda, si vedrà che cadono i pezzetti di carta colorata, e restano immobili quei che stansi sui nodi, perchè questi non si muovono.

336. Da queste considerazioni chiunque si accorge che i suoni risultando dalle vibrazioni, sieno, come di fatto sono, un oggetto di analisi matematica; molto più che da' rapporti che hanno tra loro i diversi numeri di vibrazioni, si può benissimo quello investigare de' suoni, ed argomentare ancora la varietà de' tre elementi, lunghezza, diametro e tensione delle corde. Per lo che tutti que' teoremi che noi ricavato abbiamo dall'esperienza, sono stati dimostrati con metodi diretti dal Taylor, da Giovanni Bernoulli, dall'Eulero, e da tanti altri sommi matematici, siccome citati si possono leggere nella pag. 57 del *Trattato di Acustica* del Chladni. È stata del pari da quei matematici investigata la curva che fanno i ventri sonori, e come le curve descritte dalle parti sieno di natura eguale a quella descritta dalla corda intera, e perchè le parti aliquote di una corda si vibrano insieme colla corda intera, ed in qual modo tutte queste contemporanee vibrazioni si frastagliano tra loro senza offendersi: investigazioni tutte

astratte e matematiche. Ma come d'ordinario non si possono leggere senza l'ajuto del calcolo sublime, perciò ci siamo tenuti alla sola esperienza. Ci basta di qui indicare la costruzione degli strumenti a corde per mezzo de' principj già esposti; perciocchè in quelli la lunghezza, la grossezza e la tensione delle corde forniscono tutti i suoni. In alcuni, come nel clavicembalo, i suoni son fissi, perchè vi hanno tante corde quanti suoni che si eccitano per mezzo di tasti che vanno a batter le corde. In altri, come nel violino, contrabbasso, ec., non vi ha che un picciol numero di corde, la cui lunghezza coll'ajuto delle dita si muta a volontà, di modo che variandosi la lunghezza se ne traggono que' suoni che sono compresi nell'estensione dello strumento che racchiude tre o quattro ottave, e ne' più perfetti cinque al più. Le casse adunque e i legni di tali strumenti ad altro non servono che a rinforzare i suoni, e a sostenere le corde che sono i corpi sonori.

337. Si può avere un'idea delle vibrazioni longitudinali, allorchè si strofina nel verso della lunghezza un crine di cui si tiene un'estremità tra i denti, o pure allorchè sopra una corda tesa si striscia longitudinalmente un arco di violino sotto un angolo molto acuto. Poichè in sì fatti casi la corda ha un moto alternativo di contrazione e di dilatazione verso l'uno e l'altro punto fisso. Questi punti fissi possono essere, oltre l'estremità immobili della corda, uno o più nodi di vibrazione, che dividono in due, tre o più parti la corda; e però ne nascono varj movimenti longitudinali. Ma le leggi di tali vibrazioni differiscono da quelle delle trasversali, non avendo altro di comune, che in quelle ed in

queste i suoni sono nella ragione inversa delle lunghezze. Poichè il suono non dipende nelle vibrazioni longitudinali nè dal diametro nè dalla tensione della corda, ma dalla lunghezza e dalla materia della corda¹⁰⁶. Di fatto una corda di rame giallo manda un suono più acuto di una corda di budello, e la corda di acciaio sorpassa quella di rame giallo (V. la sez. V del *Trattato di Acustica* del Chladni).

338. Una membrana rettangolare tesa solamente nel verso della sua lunghezza è atta a rendere quei suoni e quelle vibrazioni come fa una corda che vibra trasversalmente; ma i nodi di vibrazione, in luogo di essere de' punti, sono delle linee trasversali immobili. Varie sono le maniere giusta cui può vibrare una membrana tesa in uno o più versi, che sono state investigate dal Riccati, Eulero, Biot, ec. (V. la sez. II e III del *Trattato* del Chladni).

339. L'aria e tutti i gas, come quelli che sono elastici, son capaci di vibrare e produrre de' suoni. Quando le vibrazioni che si eccitano nell'aria sono irregolari, si hanno de' romori e non de' suoni. Ma siccome passando una corrente d'aria a traverso di una

¹⁰⁶Per rispetto alla proprietà di rendere suono, le corde vengono classificate secondo l'ordine seguente, incominciando dalle più sonore: 1.° le corde di minugia; 2.° di crine; 3.° di lino; 4.° di seta; 5.° di canapa; 6.° di lana; 7.° di cotone. — *Gli Editori*.

stretta apertura le vibrazioni si fanno più regolari; così ne risultano de' suoni che sono tanto più acuti, quanto più quella corrente è rapida; e quest'apertura è stretta, perchè van facendosi più celeri le vibrazioni dell'aria. Per aversi dunque de' suoni soffiando in un tubo, è di necessità che si metta in vibrazioni rapide e regolari l'aria che dentro vi sta. Se fatte vibrazioni sono allora analoghe alle longitudinali delle corde; perciocchè l'aria fa de' movimenti alternativi di condensazione e dilatazione, o sia va e viene lungo l'asse del tubo. Ora la colonna dell'aria può vibrare tutta intera o pure divisa in uno o più nodi di vibrazione, siccome si vede nelle *fig.* 105 e 106, o pur nelle due altre 107 e 108; di modo che ciascun nodo è uno strato d'aria immobile, a cui si accosta alternativamente o si allontana ogni porzione d'aria. Indi vengono a risultare suoni diversi secondo che la colonna dell'aria vibra tutta o divisa in più nodi.

340. Ma per meglio definire le leggi cui son sottoposti i suoni ne' tubi, è da avvertire che questi suoni dipendono dalla lunghezza della colonna, dall'elasticità dell'aria e dal modo di soffiarla. Parlando in prima della lunghezza della colonna, egli è da sapere che nell'aria la lunghezza delle onde sonore siegue in una ragione inversa la medesima progressione del numero delle vibrazioni; giacchè è conosciuto per esperienza che un numero di vibrazioni doppio produce un'onda sonora di metà lunghezza. Sappiamo di fatto che il primo tra suoni a potersi discernere è quello che risulta da 32 vibrazioni in 1", e la lunghezza dell'onda sonora in tal caso è di 32 piedi; ma se pigliasi l'ottava all'insù, il

numero delle vibrazioni è di 64, e la lunghezza dell'onda 16 piedi; e così di mano in mano a 128 vibrazioni corrisponde l'onda di 8 piedi, ec.¹⁰⁷ Negli organi i tubi hanno la lunghezza medesima dell'onde sonore; ed in generale i suoni negli strumenti a vento sono tanto più gravi, che il tubo dello strumento è lungo; perciocchè la colonna dell'aria è più lunga. Indi si è stabilita come legge costante, che poste le altre cose eguali, il suono che si trae da un tubo è in ragione inversa della sua lunghezza. Però alcuni strumenti si allungano o si accorciano a nostra voglia per averne de' suoni diversi; e in quegli strumenti che sono forniti di buchi

¹⁰⁷Che il suono più grave o più basso, che possa essere inteso dall'orecchio umano, abbia le onde della lunghezza di 32 piedi, si dimostra per mezzo di osservazioni dirette; come si dimostra egualmente che il suono più acuto o più alto percettibile ha le onde foniche della lunghezza di circa 18 linee o di $1/8$ di piede. Appunto fra questi limiti si comprendono tutti i suoni e tutte le gradazioni che possono essere distinte dall'organo dell'udito dell'uomo. Le vibrazioni eccitate da onde più lunghe di 32 piedi e più corte di $1/8$ di piede vengono pure in certo modo a colpire il timpano dell'orecchio, ma non vi producono alcuna sensazione distinta, e l'organo è come sordo per quei suoni. Intorno ai limiti cui si estende la percezione de' suoni prodotti dai solidi si veggia la nota al § 334. — *Gli Editori.*

lateralì, questi si aprono e si chiudono per allungare o pure accorciare la colonna dell'aria.

341. In seguito di questa legge si possono dichiarare i suoni che han luogo ne' tubi in cui una dell'estremità è aperta e l'altra è chiusa, o pure in quei in cui ambe le estremità sono aperte. Poichè ne' primi la colonna d'aria vibrando si avvicina tutta alternativamente, e si allontana dall'estremità chiusa. E però questo moto produce il suono più grave di cui è capace un tubo della medesima lunghezza. Ma quando ambedue le estremità sono aperte, allora si forma nel mezzo un nodo di vibrazione, o sia uno strato d'aria, contro cui si appoggiano gli altri strati d'aria dall'uno e l'altro lato, e fa le veci di una separazione fissa. Ne risultano allora da un tubo aperto ad ambe l'estremità due tubi eguali e chiusi da un fondo comune. E però il suono che si tramanda riesce all'ottava più acuto del suono fondamentale, che proviene da un tubo chiuso della medesima lunghezza, o pure quel suono stesso che darebbe un tubo chiuso ad un'estremità e metà lungo. E perchè alcuno non possa venire nel dubbio sull'esistenza di tali nodi di vibrazione, è giusto che si sappia che bucandosi il tubo là dove si calcola che debba trovarsi il nodo, il suono non resta in alcun modo alterato.

342. Aumentandosi gradatamente la spinta dell'aria ne' tubi, sia che questi fossero aperti ad ambe le estremità, o pure ne avessero una chiusa e l'altra aperta, le vibrazioni dell'aria divengono più rapide, si moltiplicano i nodi di vibrazione, e i suoni nel tubo chiuso van crescendo come i numeri 1. 3. 5. ec.; e in quello

aperto ad ambe l'estremità come i numeri 2. 4. 6. ec. Il che dimostra che, oltre la lunghezza della colonna dell'aria ossia della lunghezza del tubo, molto conferisce alla formazione o qualità de' suoni la maniera di soffiare, ossia di sospingere la colonna d'aria, affinchè gli strati sottilissimi di questa addensandosi alternativamente e dilatandosi eseguiscano delle vibrazioni più o meno rapide, ed atte siano a rendere coll'ajuto di uno o più nodi de' suoni differenti. Queste dottrine furono da prima dichiarate da Daniele Bernoulli, ed oggi trovansi meglio sviluppate presso altri matematici, che citati si leggono nell'*Acustica* di Chladni, sez. IV, ec.

343. L'elasticità in fine della colonna dell'aria influisce alla celerità maggiore o minore delle vibrazioni, e al numero di queste in un dato tempo, e perciò alla variazione de' suoni. Indi è che, poste le altre circostanze eguali, riesce indifferente che un tubo di organo o altro strumento a fiato sia diritto o curvo, giacchè l'aria spiega in ogni verso la sua elasticità. Ma se, posta la stessa pressione dell'atmosfera, l'aria diventa più o meno densa per una variazione di temperatura, allora viene a cangiare l'altezza de' suoni; poichè tolta la proporzione che deve correre tra la pressione e la densità, quanto questa si diminuisce per l'aumentata temperatura, o pur si accresce per la temperatura che si abbassa, tanto o meno rapida fa l'aria le sue vibrazioni. Per lo che dal medesimo strumento si trae lo stesso suono, così al piano come alla sommità de' monti, per la ragione che sebbene l'aria in alto sia meno densa, pure varia in corrispondenza la forza che la

preme, e restando eguale il rapporto tra densità e pressione nell'aria, non si altera il numero delle vibrazioni, o sia il suono. Ma come al contrario nelle stagioni e ne' climi più o meno caldi viene ad alterarsi quel rapporto; così vibrazioni risultano più o meno celeri, cioè suoni più o meno acuti. Uno strumento quindi a corda e un altro a fiato non possono restare a lungo in accordo tra loro, perchè il caldo scema in quello, ed in questo accresce la celerità delle vibrazioni; ed il freddo opera l'inverso. Chiunque in fine si accorge ch'essendo i gas dotati al par dell'aria di elaterio, possono egualmente mettersi in vibrazioni rapide e regolari, e produrre de' suoni. E sebbene le esperienze che sonosi istituite da più fisici non siano state esattissime; pure si è dimostrato che i fluidi aeriformi più leggeri vibrano più prestamente di quei che sono più pesanti (V. il *Giornale di Nicholson*, dicem. 1810; e Chladni, *Acustica*, pag. 87).

344. Dopo tutto ciò che abbiamo sinora esposto, ci è concesso di concludere che in tutti gli strumenti a fiato l'aria è il corpo sonoro, e tutte le loro forme, che sono così varie, ad altro non mirano che a modificare la qualità del suono, o a renderlo più acuto o più grave coll'eccitar nell'aria delle vibrazioni più o meno rapide. Di fatto diversa è negli strumenti a fiato la maniera di mettere l'aria in vibrazione. Nella tromba, nel corno, ec., è l'azione sola delle labbra che determina l'aria del tubo ad eseguire il numero di vibrazioni necessario a produrre tale o tale altro suono. Le labbra e una lamina d'aria che batte contro il taglio angolare dell'apertura eccitano le vibrazioni dell'aria nel flauto.

In molti strumenti ci ha un apparecchio elastico, coll'ajuto del quale si eccitano nell'aria tutte le maniere di vibrazione. Così nel clarinetto, ec., l'aria passando impetuosamente per una stretta apertura, vibra una linguetta che comunica le vibrazioni alla colonna dell'aria contenuta nel tubo. La voce umana si crede da alcuni che sia uno strumento di fiato della più gran perfezione, ma da altri si ravvisa come uno strumento misto, cioè a corde e di fiato. Poichè l'aria espirata per la compressione de' vasi aerei polmonari traversando l'apertura nominata la *glottide*, e vibrando i quattro ligamenti che si chiamano le *corde vocali*, genera i diversi suoni della voce, che resta poi diversamente articolata da' varj moti della lingua, dall'azione de' denti e delle labbra, e modificata dalla cavità del palato.

345. Lungo sarebbe, e al di là ci condurrebbe di un trattato elementare l'esposizione delle leggi che han luogo ne' suoni che si producono dalle verghe rigide, come sono i cilindretti o i parallelepipedo di ferro, di vetro, ec., quando queste verghe hanno le loro estremità o fisse o libere o appoggiate, e vibrazioni fanno o trasversali o longitudinali o rotanti. Si può osservare la verga rigida fissata nella *fig.* 109 ad una sola estremità, e ad ambedue nella *fig.* 112, che fa nell'uno e nell'altro caso tutte intiere le vibrazioni. E parimente si può vedere nella *fig.* 110 una verga rigida ch'è libera ad un'estremità ed ha un cavalletto su cui poggia, e nella *fig.* 111 una verga libera ad ambe l'estremità che poggia su due punti; giacchè nella prima un nodo e nella seconda due nodi di vibrazione si mostrano. Ma meglio si possono tali cose leggere

ben dichiarate dal Chladni (*Acust.* sez. V e seg.)¹⁰⁸. Soggiungeremo solamente qui un cenno sulle vibrazioni delle lamine e delle membrane tese, i cui movimenti per quanto sieno stati studiati da più fisici in questi ultimi tempi, ancora non sono stati ridotti a leggi generali.

Esperimento III.

Se la lamina quadrata (*fig.* 90) di vetro o di rame è fissata nel

¹⁰⁸Colla scorta della teorica Daniele Bernoulli ha determinata la legge delle vibrazioni delle verghe cilindriche e prismatiche, e delle lamine che sieno solidamente fisse per una loro estremità, mentre dall'altra vengono fatte oscillare. Egli ha dimostrato che per una stessa lamina di cui successivamente si fanno vibrare differenti parti in lunghezza, il numero delle vibrazioni eseguite nello stesso tempo sono in ragione inversa dei quadrati di quelle lunghezze. È necessario però che le verghe abbiano in tutta la loro estensione omogeneità di materia ed eguale larghezza e grossezza.

Il movimento eccitato nelle lamine e nelle verghe nel modo accennato, e le di cui leggi sono molto semplici, si chiama moto delle *vibrazioni trasversali*. Quando alle molecole delle verghe s'imprime una velocità parallela all'asse di queste, allora hanno luogo le *vibrazioni longitudinali*, le di cui leggi non sono dotate dell'egual semplicità delle trasversali. — *Gli Editori*.

punto di mezzo o colle dita o con uno strumento a morsa, e tutta la superficie della lamina è aspersa di polvere finissima, si vedrà che ove si striscia un archetto presso dell'angolo, la lamina vibra e rende un suono ch'è il più grave tra quelli che render si possono dalle lamine elastiche quadrate. Ma sopra di ogni altro è da osservare che all'istante la sabbia si rauna sulle due linee che s'incrocicchiano nella *fig. 90*, e chiamansi *linee nodali*.

Ma se in luogo di passar l'archetto sull'angolo, si fosse strisciato sopra uno de' lati, allora le linee nodali si sarebbero conformate per mezzo della sabbia nelle due diagonali (*fig. 91*).

Che se restando fissa la lamina (*fig. 91*) nel mezzo, si toccasse col dito nel punto *a*, e l'archetto si passasse nel punto *b*, si verrebbe a cangiare il suono, e le linee piglierebbero la forma con cui sono segnate nella *fig. 92*.

346. In molte guise sono state eseguite simili esperienze dal Chladni, Hauy e da altri, e dalle medesime chiaro si ricava che le lamine elastiche vibrando prendono, secondo le diverse circostanze, diverse curvature nelle loro parti oscillanti, le quali sono separate da linee nodali immobili, talora rette e talora variamente curve, da cui risultano le così dette *figure nodali*, che pigliano forme assai varie e sempre perfettamente regolari. Anzi si osserva, come si può vedere nelle *fig. 90*, *91* e *92*, che le parti le quali oscillano intorno alle linee nodali da un lato e dall'altro, sono sempre eguali e si muovono sempre in verso opposto. E come una o più linee nodali passano pel punto fisso, ch'è nelle citate esperienze il punto di mezzo; così è chiaro che variandosi

il punto della lamina, che si stringe tra le dita o tra la morsa, vengono a cangiarsi le posizioni e le figure nodali. Mutano parimente la loro posizione e figura, se l'archetto passa per l'angolo, o pure sul lato della lamina, e quando a parte del punto fisso nel mezzo, si tocca col dito un altro punto; perciocchè in sì fatto punto non avviene pel contatto vibrazione, e intorno a questo punto, che non oscilla, dee egualmente passare una linea nodale. La configurazione in somma delle curve nodali e la disposizione del loro sistema dipende dalla figura della lamina, dalle posizioni del punto di appoggio, e del punto che si confrica coll'arco, e dalla pressione più o meno con che si fa lo strofinio. Per lo che variando una di sì fatte circostanze si cangia quella configurazione, e suoni ne risultano diversi, i quali hanno tra loro de' rapporti ben diversi da quelli che si usano nella musica.

347. Dalle forme nodali delle lamine elastiche e in particolare delle lamine rotonde si aprì la strada Chladni ad indagare le figure nodali delle campane e de' vasi rotondi; ma per dirizzare le sue esperienze mise in opera, in luogo di sabbia, l'acqua, la cui superficie s'increspa, come si eccitano le vibrazioni nella campana o nel vaso. Così facendo si è accorto che tali corpi sonori si possono dividere in 4, 6, 8, o in generale in un numero pari di parti vibranti separate da linee nodali, che si tagliano nel mezzo, in cui ci ha il collo o il manico della campana. Poichè toccando colla punta delle dita la campana in due luoghi o opposti o distanti tra loro 90° , ove si passa l'archetto a 45° di una linea no-

dale ch'è determinata dal toccar delle dita, si vedrà l'increspamento della superficie dell'acqua in 4 segmenti circolari che rivolgono la curvatura all'asse, e la corda al perimetro del vaso o della campana, e si conoscerà così l'ampiezza delle parti oscillanti, e la situazione delle linee nodali in quei punti in cui si toccano quelle corde. Se poi si passa l'archetto alla distanza di 90° dal luogo in cui si è fissata una linea nodale per via del contatto, gl'increspamenti della superficie dell'acqua si daranno a vedere in sei segmenti; e così di mano in mano applicandosi l'archetto a varie distanze, la campana o il vaso rotondo si divide in 8, 10, ec., parti vibranti. Ma come crescono queste parti, varj vengono a rendersi i suoni che si producono dalle vibrazioni di quei corpi rotondi, e varie sono le curvature in cui si piega ed adatta alternativamente la campana. Ma in quanto a' suoni, Chladni è di avviso contro l'Eulero e Golovin, che se la forma di una campana o di un vaso è regolare, e la grossezza eguale per tutto, la serie de' suoni che si potranno produrre secondo che il vaso sonoro è diviso in 2, 4, ec., parti vibranti, è come i quadrati di 1, 3, 4, ec. (V. l'*Acustica* cit. pag. 236).

348. Dal sin qui detto egli è indubitato che il suono nel corpo sonoro non è che un movimento rapido e regolare delle sue parti, ossia non consiste che in vibrazioni. Per lo che la dottrina del suono ossia l'acustica fa parte de' movimenti di vibrazione, ed è un ramo della fisica matematica¹⁰⁹.

¹⁰⁹Nella produzione de' suoni si ammette comunemente essere

CAPO II. — DELLA PROPAGAZIONE E INTENSITÀ DEL SUONO.

349. I suoni o sia le vibrazioni del corpo sonoro si possono trasmettere ad altri corpi contigui, e da questi successivamente ad altri, e così si vanno quelli a propagare. Ma come i corpi, sia

necessario il corpo sonoro, le di cui vibrazioni si comunicano ad un mezzo qualunque. Ora, secondo Chladni (*Bulletin de Férussac*, Sez. I, T. VIII, 1827, pag. 186), è mestieri dare alla parola *suono* un senso più esteso; poichè, dic'egli, delle percussioni (su corpi non sonori) che si succedono con forza e rapidità e a intervalli eguali, possono essere trasmesse ad un mezzo qualunque, e determinare così delle vibrazioni sonore più o meno percettibili. Di questo genere sono i suoni prodotti dalla percussione dell'aria da un bastone, dalla lancetta d'un clarinetto e simili, e dal passaggio d'un vento rapido per le fessure d'un edificio, ec. Le vibrazioni in questi casi non sono trasmesse all'aria come succede nei corpi sonori, ma esse sono prodotte da una serie di percussioni che si fanno immediatamente sopra un mezzo che si cambia e si rinnova continuamente. In questi però si potrebbe ritenere l'aria non solo il veicolo o il mezzo di trasmissione del suono, ma anche come il corpo sonoro — *Gli Editori*.

liquidi, sia solidi, sia aeriformi, son dotati di diversa elasticità; così non tutti possono egualmente trasmettere i suoni. Giusta l'esperienze del Perolle, i solidi, del marmo in fuori, propagano il suono meglio de' liquidi, ed alcuni gas meglio dell'aria, e sono i vapori delle acque, dell'alcool e dell'etere che, secondo il Biot, trasmettono il suono come fa l'aria. Or sebbene fosse stata riconosciuta e da gran tempo e da tutti la trasmissione del suono; pure si era trascurato d'indagare la maniera con che si fa questa traslazione di movimento ne' solidi; ed è stato Savart il primo che l'ha studiata e dichiarata, come si vede in una Memoria di lui registrata nel tomo XIV degli *Annali di Chimica e Fisica*, pag. 113. Ma perchè l'aria è l'ordinario veicolo, come si è avvertito, del suono; così andremo principalmente esponendo in che modo si venga il suono a propagare a traverso dell'aria¹¹⁰.

350. Non considerando che un punto sonoro, egli è manifesto che questo vibrando spinge una particella di aria, e questa un'altra, e poi quest'altra un'altra appresso, e così successivamente, in modo che si forma una serie di particelle mosse e sospinte, che formano una *linea* chiamata *sonora*. Ma ciascuna di

¹¹⁰Che l'aria sia il veicolo del suono, bisogna rammentare l'esperienza descritto dall'Autore al § 136, dove si vede che il corpo sonoro in vibrazione trovandosi nel vòto, cessa il suono di farsi sentire. — *Gli Editori*.

queste particelle, nell'atto ch'è sospinta, viene compressa e addensata, e nel tempo che il punto sonoro eseguisce la sua prima vibrazione si ha una serie di particelle che situate sono l'una dopo l'altra, e tutte nel medesimo verso si addensano, perchè tutte sono nel medesimo verso compresse. Così nel tempo che il punto sonoro *E* (*fig.* 86) eseguisce vibrando la sua escursione da *E* in *C*, tutte le particelle che sono l'una dopo l'altra sospinte, restano compresse. Ma come il punto sonoro da *C* ritorna in *E*, tutte le particelle che nella prima vibrazione si erano addensate, in questa seconda sono sospinte in direzione opposta, e perciò si dilatano. Torna di nuovo il punto sonoro a vibrare, e di nuovo succede l'addensamento e la dilatazione delle particelle, di modo che le vibrazioni di un punto sonoro producono in una linea sonora delle condensazioni e dilatazioni alternative, che si chiamano *onde sonore*; giacchè ogni onda risulta da quel numero di particelle che nella prima vibrazione si addensa, e nella seconda si dilata. Ma ancorchè il punto sonoro, eseguita la prima vibrazione, venisse a mancare, sempre avverrebbe che le molecole dell'aria, ch'erano state compresse, si dilaterrebbero a causa della loro elasticità naturale; e in virtù di questa dilatazione respingerebbero da ogni parte tutti gli ostacoli che andrebbero ad incontrare, quali sarebbero le molecole dell'aria vicine, che non erano state sospinte dalla vibrazione del punto sonoro. E però in queste molecole vicine ecciterebbero parimente delle condensazioni e dilatazioni alternative; e l'ondulazione si verrebbe successivamente a propagare in tutta la massa dell'aria, non altrimenti che

fa un urto istantaneo a traverso una serie di palle elastiche che sono in contatto tra loro.

351. Ora se, in luogo di un punto, si considera un corpo sonoro che fa le sue escursioni non solo da E in C , ma da E in H ; si vede chiaramente che un corpo sonoro al par di un punto sonoro, quando è, come suol essere, circondato dall'aria, si dee riguardare come un centro dal quale partono in isfera una moltitudine quasi infinita di linee o *raggi sonori*¹¹¹, ossia di serie di molecole aeree, cui dal medesimo si comunica un moto oscillatorio longitudinale, che risulta da condensazioni e dilatazioni alternative. Di modo che l'onda sonora è il complesso di tutti i punti che sono agitati e scossi in un medesimo istante dal moto trasmesso dal centro delle vibrazioni, o sia dal corpo sonoro. Questo moto si propaga di onda in onda, e si conserva in ciascuna onda senza aumento e diminuzione, siccome dettano le meccaniche, perchè l'aria è elastica. Ma sebbene questa quantità di moto si mantenga sempre la medesima; pure si divide ad una maggior massa, o sia ad un numero maggiore di particelle aeree; poichè ciascuna onda ritiene la stessa lunghezza, ma a misura che si allontana in isfera del centro di vibrazione va crescendo di ampiezza, e perciò di numero di particelle aeree. E come quest'ampiezza cresce nella ragione de' quadrati della distanza dal corpo sonoro, per la ragione che il moto si dissemina in isfera (tomo I,

¹¹¹Detti anche *raggi fonici*. — *Gli Editori*.

num. 54); così ne segue che la medesima quantità di moto nel trasmettersi s'indebolisce presso a poco nella ragione de' quadrati della distanza dal centro sonoro. Ora questo movimento, che si trasmette, non è altro che vibrazione, o sia è suono; e perciò l'intensità del suono decresce, come il quadrato della distanza; o sia ad una distanza doppia, tripla, quadrupla, ec., il suono risulta quattro, nove, sedici volte, ec., meno intenso. Per lo che per farsi intendere due volte più lontano si dee gridare quattro volte più forte.

352. Nasce da ciò, in primo luogo, che il suono propagandosi si va di mano in mano facendo più fioco, in modo che da noi più non si sente a cagione de' raggi sonori, ch'essendo pochi e poco vibrando, non eccitano nel nostro organo alcuna impressione sensibile. Di fatto abbiamo già notato nel num. 332 che il suono comincia ad esser sensibile quando vien prodotto da 32 vibrazioni in 1". Ma sebbene il suono in un mezzo di grand'estensione viene meno nella sua intensità a misura che le onde sonore si allontanano dal centro di vibrazione; pure non avviene così quando si propaga in un'estensione d'aria limitata e cilindrica. Poichè allora l'onda sonora non va crescendo di ampiezza, e il movimento di vibrazione si comunica ad un numero sempre eguale di molecole aeree, e però il suono si dee propagare colla stessa forza ed intensità. Altra perdita di movimento non succede, se non quella ch'è cagionata dallo strofinio dell'aria, e dalla comunicazione del moto che fassi alle pareti del cilindro; perdita

ch'essendo piccola non toglie al suono sensibilmente la sua intensità. Tutto ciò è stato confermato dall'esperienze del Biot per mezzo de' tubi degli aquidotti di Parigi; perciocchè parlando egli a voce bassa all'estremità di un tubo o di una colonna d'aria cilindrica della lunghezza di 951 metri, era inteso, e si sentivano così distintamente le parole, tenendo una conversazione con un'altra persona ch'era collocata all'altra bocca o estremità del tubo. Ed ancorchè, dic'egli, si parlasse tra noi così basso, come si fa parlando all'orecchio; pure le parole veniano sensibili e distinte in sì fatta maniera, che non vi era altro mezzo per non sentire, se non quello di non parlare.

353. Si può ora comprendere la costruzione di quella tromba che chiamasi il *portavoce*, e serve a trasmetter la parola a una gran distanza. Siccome il suono della voce nell'uscir dalla bocca si restringe in un piccolo spazio lungo i lati della tromba, e non si sparge nell'aria che ha uno spazio non limitato; così ritiene maggiore intensità, e può giungere sino ad una metà di lega. Varie sono le costruzioni di queste *trombe* che si chiamano *parlanti*, ed una di queste si può vedere nella *fig. 94*. AB è un tubo che finisce unendosi ad una paraboloide troncata, il cui fuoco B cade nell'estremità dell'asse del tubo. In questo modo la voce entra per l'apertura A , ed eccitando delle vibrazioni nell'aria del tubo si riduce nel fuoco B , donde si diffonde per tanti raggi o onde sonore, che tutte raccolte conservano vieppiù la loro forza, e giungono a destare l'impressione a una gran distanza.

354. Oltre alla distanza che influisce, siccome abbiamo detto,

sulla intensità del suono, concorrono altre circostanze, tra le quali è più d'ogni altro da notare la densità dell'aria; giacchè siamo avvertiti dall'esperienza che nell'aria più densa i suoni sono più intensi. Di fatto si sente più facilmente dall'alto un suono che viene da basso, dove l'aria è più densa, che da basso un suono che venga dall'alto, in cui l'aria è più rara¹¹². Indi è che,

¹¹²L'intensità del suono diminuisce quindi per due cause a misura che c'innalziamo nell'atmosfera: per la distanza cioè e per la rarefazione dell'aria. Il rumore più violento che si faccia sulla terra non potrà dunque sortire dai limiti dell'atmosfera; esso va infievolendosi al discostarsi dal luogo in cui ha preso nascimento, e si estingue senza poter oltrepassare la massa d'aria che ci circonda. E reciprocamente qualunque suono che si eccitasse negli spazj celesti, non potrebbe giungere sino a noi; e lo scoppio d'una bomba e qualunque fragore che venga prodotto nel globo della luna, non può diffondersi sino agli abitanti della terra, e farli accorti di quanto succede lassù in quelle regioni. Che il suono s'infievolisca colla densità dell'aria, ne abbiamo una prova elevandoci nell'atmosfera col mezzo degli areostati o andando su alte montagne, dove l'aria è già rarefatta in modo da rendere sensibile questa diminuzione. Gay-Lussac ha trovato che l'intensità del suono s'era molto indebolita all'altezza di 7000 metri, cui si elevò nel suo pallone; e Saussure racconta che sulla sommità del monte Bianco un colpo di pistola fa minor

giusta gli esperimenti del Perolle, del Priestley e del Leslie, gli stessi suoni si sentono con maggiore intensità quando si propagano pel gas acido carbonico o per l'ossigeno, che sono più densi dell'aria atmosferica; ed al contrario si ricevono più languidi per mezzo del gas idrogeno, ch'è di così piccola densità. Nè questa legge è da limitarsi ai soli gas; giacchè, giusta le osservazioni dell'Arnim e del Perolle, l'intensità del suono propagato da' liquidi segue presso a poco la ragione della loro densità. Si è trovato che il suono, il quale per mezzo dell'aria si faceva sentire alla distanza di 8 piedi, propagato dall'acqua si faceva sentire a 20, dall'olio di uliva a 16, dall'olio di trementina a 14, dallo spirito di vino a 12 (V. le *Memorie dell'Accademia di Torino*, an. 1790–91). Si è inoltre lo stesso Perolle rivolto ad osservare la propagazione de' suoni per mezzo de' solidi, ed ha trovato che il suono propagato da cilindretti di materia diversa decresce d'intensità pei legni nell'ordine seguente: abete, campeggio, bosso, quercia, ciliegio, castagno; e pei metalli nell'ordine: ferro, rame, argento, oro, stagno, piombo¹¹³. Il Chladni infine nell'*Acustica*, § 222, aggiunge

rumore di un salterello o di un petardo che scoppii al basso nella pianura. — *Gli Editori*.

¹¹³Dalla grand'attitudine che hanno i solidi a propagare il suono dipende il curioso fenomeno che si osserva nei lunghi pezzi di legno. Avvicinando l'orecchio ad un'estremità d'una lunga

trave, si sente il più picciolo rumore prodotto sull'altra estremità, come sarebbero le battute d'un oriuolo da tasca, le percosse d'uno spillo e lo stropicciamento delle barbe d'una penna: e pure un tale rumore è sì tenue quando si ascolta per mezzo dell'aria, essendo l'ultimo dei medesimi appena inteso dalla persona vicina che lo produce. Anche la voce è trasmessa facilmente dai legni e dai corpi solidi.

Egli è appunto per la proprietà di cui sono dotati i solidi di diffondere il suono, che i marinai per iscoprire il sito dove la nave è rotta, applicano l'orecchio all'estremità d'una lunga asta di legno secco, mentre coll'altra scorrono le varie parti della nave, onde scoprirne la rottura dal rumore che fa l'acqua nell'entrare per le fenditure che si trovano nella nave medesima. Istessamente le sentinelle avanzate stendono l'orecchio a terra per sentire i movimenti della truppa nemica, come il calpestio della cavalleria, lo scalpiccio della fanteria e simili. Un sordo può gustare un bel pezzo di musica sul piano forte, afferrando coi denti la cassa del medesimo, o un pezzo di legno secco che si congiunga esattamente con essa.

Dopo ciò non dovrà farci meraviglia quanto racconta il sig. Frölich: egli trovavasi in una sua villa distante circa 24 miglia italiane da Berlino, nella quale il 14 ottobre 1806, giorno della battaglia di Jena e di Averstäd, udiva i colpi di cannone molto fortemente e sentiva tremar la terra sotto i

che il suono si propaga intensamente per mezzo di verghe e tubi di vetro; ma non lascia di avvertire che non poco influisce ad accrescere o diminuire l'intensità del suono la figura più o meno atta a vibrare del corpo solido, che lo trasmette e propaga.

piedi in modo che la sensazione che provava alle gambe sembravagli maggiore di quella che riceveva all'orecchio. Il vento spirava in quel giorno dalla parte opposta dello strepito del combattimento, distante 100 e più miglia italiane. Negli otto giorni successivi egli non udì alcuna cannonata, quantunque fervesse ancora la battaglia presso Halla, posta sulla stessa linea e 40 miglia più vicina a lui di Jena. L'elasticità del terreno su cui avveniva il combattimento contribuiva nel primo caso a propagare il suono per la terra ad una distanza cui non giungeva per mezzo dell'aria. L'osservazione mostra infatti che, quando il suolo è coperto di neve, il rumore d'un combattimento perde moltissimo della sua intensità e non si propaga a grande distanza. Come pure non ci deve fare stupore l'osservazione di Delaroche, al quale accadde che mentre si portò ad una distanza da un dato suono doppia di quella a cui si udiva a stento, lo sentì di bel nuovo e quasi così forte come prima. In queste osservazioni bisogna che il terreno su cui veniva posto l'oriuolo, fosse più atto nel secondo caso, per la sua elasticità, alla propagazione del suono. — *Gli Editori.*

355. Sebbene i suoni van mancando d'intensità a misura che si van propagando nell'atmosfera; pure niente perdono della loro velocità; perciocchè l'onda sonora nel propagarsi cangia la sua ampiezza, non già la sua lunghezza. Ma quel ch'è più, sieno i suoni più o meno gravi, più o meno acuti, tutti si muovono con egual velocità percorrendo lo stesso spazio nel medesimo tempo. Questa verità, ch'è comprovata da' fatti giornalieri e fu stabilita dagli Accademici di Francia nel 1738, è stata posta fuor di ogni dubbio dal Biot per mezzo delle osservazioni ch'egli dirizzò su i tubi di aquedotto, che formavano, siccome si è detto, una lunghezza di 951 metri, ossia 488 tese senza interruzione. Il mezzo che egli mise in opera, fu quello di far sonare delle ariette col flauto ad un'estremità di quella lunghezza, mentre egli si pose a sentirle nell'altra estremità. E come la musica ha una misura certa, con che regola l'intervallo de' suoni successivi; così se alcuni suoni propagati si fossero più prestamente ed altri più lentamente, ne dovea seguire che i suoni di quelle ariette avrebbero dovuto giungere confusi all'orecchia di lui, rimescolandosi tra loro quei che precedeano o seguiano, e tutta l'arietta dovea sentirsi alterata. Ora egli attesta che i suoni arrivavano a lui nella misura naturale, e la musica riusciva così regolare, come inteso l'avesse da vicino e non alla distanza di 488 tese. Per lo che non si può togliere che tutti i suoni si propagano con egual velocità, benchè il numero delle vibrazioni da cui ciascun suono è prodotto, sia molto diverso e vario in un tempo determinato. Ed in verità non può essere altrimenti; perciocchè i suoni più acuti

sono più rapidi, perchè fanno dell'escursioni più piccole; ed al contrario quei che sono più gravi, sono più lenti nelle loro vibrazioni, perchè queste hanno un'estensione più grande; o, in altri termini, essendo i tempi proporzionali alle lunghezze dell'onde sonore che rappresentano gli spazj, la celerità, così pe' suoni acuti come pe' gravi, deve risultare necessariamente la stessa¹¹⁴.

356. Si è cercato dopo ciò quanto sia questa uniforme velocità del suono, e per indagarla si sono imprese due vie, l'una esperimentale e l'altra teoretica. La prima si è mandata ad effetto misurando per via di un orologio a secondi l'intervallo di tempo che s'interpone tra l'apparenza della luce che si manifesta allo

¹¹⁴Tutti i suoni, qualunque sia il loro tuono, il loro metallo o qualità, e la loro intensità (Vedi avanti la nota al § 370), si propagano nell'aria colla stessa velocità. Infatti parecchi osservatori nell'ascoltare una sinfonia posti a differenti distanze, la intendono tutti cogli stessi intervalli fra un suono e l'altro e colla stessa armonia. Perlocchè i suoni gravi e gli acuti, i deboli e i forti, quelli del violino e del clarinetto si succedono a differenti distanze col medesimo ordine; e per conseguenza si propagano colla stessa velocità; e il suono acuto non precede il grave, nè il forte quello debole, nè la voce del clarinetto il suono del violino: altrimenti ciò che sarebbe un'armonia a 10 metri di distanza, riescirebbe a 100 o a 200 una cacofonia dispiacevole. — *Gli Editori*.

sparo di un cannone, e l' punto in cui lo scoppio giunge all'orecchio di un osservatore collocato ad una determinata distanza. Poichè la trasmissione della luce è così rapida (tomo I, num. 43), che in qualunque distanza terrestre si può reputare istantanea; di modo che il momento in cui vediamo la luce sia da riguardarsi come quello stesso in cui ha luogo l'esplosione, ossia quello stesso in cui comincia a propagarsi il suono. Con questo intendimento eseguirono per mezzo di colpi di cannone le loro esperienze gli Accademici di Francia nel 1738 tra Montlhery e Montmartre alla distanza di 29000^m, e dopo un gran numero di esperienze ritrassero il valore assoluto della velocità del suono per 337^m,18 per secondo. Ed una sì fatta velocità era sensibilmente la medesima, sia che il tempo fosse coperto o sereno, chiaro o piovoso, purchè l'aria non fosse agitata dal vento. Poichè l'azione del vento scomposta nel verso della direzione della linea sonora aumenta o diminuisce la velocità del suono, secondo che il vento la favorisce o contrasta. Queste esperienze sono state replicate in Parigi nella notte del 21 giugno 1822, e si è ritrovato che la differenza tra queste e le antiche non ha oltrepassato 0,83 di una tesa. Molte altre esperienze si sono istituite da' fisici in altri luoghi della terra, e Goldingham si è segnalato per una gran serie, ch'egli ne ha fatto nell'Indie ne' contorni di Madras, dalle quali venne cavando per la velocità media del suono 344^m,41 per secondo. Sicchè i risultamenti dell'esperienza sono molto vicini tra loro; e questa piccola differenza si crede proveniente dallo stato diverso dell'elasticità e densità dell'aria ne' varj climi e nelle varie

stagioni. E però si tiene la velocità del suono per 337 metri in un 1" ossia di 173 tese (V. *Annali di Fisica e Chimica*, tomo XIX e tomo XX, pag. 266)¹¹⁵.

¹¹⁵Le prime sperienze sulla velocità del suono furono istituite in Italia dagli Accademici del Cimento nell'anno 1660, in un intervallo di metri 1800 circa. Essi la trovarono poco più di 350 metri per secondo. Bianconi ripigliò queste indagini nel 1740 sopra una lunghezza di 24000 metri. In Inghilterra Walker nel 1698, e Flamsteed, Halley e poscia Derham nel 1704 si occuparono dello stesso soggetto. Mayer nel 1778, Müller nel 1791 e Benzenberg nel 1809 intrapresero pure in Germania tali ricerche che furono anche nel 1823 ripetute in Olanda da Moll e Van Beek. Dopo tutti questi sperimenti ed altri fatti altrove, si è adottata dai Fisici per la velocità media del suono 337 metri per secondo, la quale, a dir vero, varia secondo la temperatura e lo stato igrometrico e barometrico dell'atmosfera, ed altre circostanze di cui si tien conto in una formula che serve a calcolarla.

Dai risultamenti ottenuti nelle sperienze istituite sulla velocità del suono si può conchiudere che:

1.° Il suono si muove uniformemente, almeno nella direzione orizzontale, o in qualche altra che non si discosta molto dalla medesima;

2.° La differenza d'intensità del suono non reca alcuna variazione sensibile nella sua velocità;

Ma il valore della velocità del suono ritratto dall'esperienza non è concorde a quello che somministra la teorica: giacchè questa ne dà uno minore. Di fatto il valore calcolato nelle circostanze degli esperimenti dirizzati dagli Accademici di Francia nel 1738 risultò 282^m,42 minore di un sesto di 337^m,18. Newton e dopo lui tutti i geometri erano di accordo nel valore calcolato, e niuno avea potuto assegnare la ragione della differenza che corre tra il calcolo e l'esperienza. Fu La Place il primo ad indicarne la

3.° Lo stesso vale per riguardo alle diverse specie o qualità del suono prodotto da istrumenti differenti (Vedi avanti la nota al § 307);

4.° Il vento influisce sensibilmente sul suono per rapporto all'intensità, e contribuisce anche a far variare la sua velocità;

5.° Allorchè la direzione del vento coincide con quella del suono, la somma delle loro velocità rispettive dà quella della velocità apparente del suono; e quando invece la direzione del vento è opposta a quella del suono, bisogna prendere la differenza delle loro velocità;

6.° La velocità del suono riflesso è la stessa di quella del diretto;

7.° Un accrescimento di temperatura nel mezzo che lo trasmette aumenta la velocità del suono; e viceversa. — *Gli Editori.*

cagione, dicendo che si dovea introdurre nel calcolo l'influenza del calore che si svolge nell'aria per l'effetto della compressione; influenza che era stata sino allora negletta. Poichè è già noto che l'aria addensandosi alza la temperatura de' corpi, e dilatandosi all'inverso l'abbassa. Non è dunque più da suppersi, come una volta faceasi ne' calcoli, che la molla dell'aria sia unicamente proporzionale alla pressione, per la ragione che le particelle aeree nel vibrare si addensano, ed addensandosi aumentano, col calore che svolgono, la loro molla, e poi si dilatano, e dilatandosi la diminuiscono col raffreddamento. Di fatto essendosi introdotto nel calcolo questo novello elemento, si è osservato che la teorica viene a somministrare una velocità ch'è quasi eguale a quella che ci porge l'esperienza. La formola in numeri è espressa da $334^m,44\sqrt{1+t.0,00375}$; di modo che per trarre la velocità del suono in un caso particolare basta segnare la quantità t in gradi del termometro centigrado; giacchè la quantità della velocità orizzontale $333^m,44$ è stata calcolata a 0° del termometro centigr. (V. Biot, *Trattato di Fisica*, tomo II, pag. 22). Ma una sì fatta formola non si crede del tutto esatta da alcuni, perchè in essa è trascurata la pressione barometrica e l'umidità dell'aria; anzi si desidera che si possano ricavare dalla sola osservazione le correzioni da farsi per l'azione della temperatura, pressione, umidità dell'aria, e dalla direzione e velocità del vento (Vedi la Memoria del Galbraith nel tomo XXX della *Bibliot. univers.* pag. 176). Ma chi istruito delle cose matematiche volesse conoscere ben

dichiarata tutta la teorica del suono, potrebbe leggere una Memoria del Poisson registrata nel fasc. XIV della *Scuola Politecnica*, il quale ha condotto a più esattezza ed a maggiore estensione le cose recate da prima dal Newton, ed ampliate poi e aggrandite dall'Eulero e dal La Grange.

357. Oltre l'aria, han cercato i fisici la propagazione del suono in altri gas, e ne' liquidi e nei solidi; ma non ne hanno potuto ritrarre de' valori certi e determinati. Chladni, nell'istituire le sue esperienze sopra i gas, si accorse che queste non erano gran fatto conformi alla teorica, che vuole la celerità del suono propagato per differenti gas essere nella ragione inversa della radice de' loro pesi. Molte e più diligenti furono l'esperienze fatte in unione dal Van-Rees, Frammeyer e Moll; e da queste si venne a raccogliere che alla temperatura di 10°C. il suono percorre in 1"

nel gas idrogeno	metri	1233,3
nel gas ammoniaco	"	432
nel gas ossido di carbonio	"	341,1
nel gas azoto	"	339
nel gas idrogeno carburato	"	377,4
nel gas ossigeno	"	317,9
nel deutossido di azoto	"	317,4
nel gas idrogeno solforato	"	305,7
nel gas acido idroclorico	"	298,8
nel gas acido carbonico	"	270,7
nel gas acido solforoso	"	229,2

Ciò non pertanto non sono sì fatte determinazioni da tenersi

come esatte; perciocchè non potendosi eseguire l'esperienze sopra un grande ed esteso volume di gas, ed essendo assai rapida la trasmissione del suono, non si possono ottenere che risultamenti incerti ed approssimativi. Per la stessa ragione ci mancano degli esperimenti pe' liquidi e pe' solidi, nè altro sappiamo di certo se non che la trasmissione del suono pe' solidi e probabilmente ancora pe' liquidi è più veloce che per l'aria (V. Chladni, *Acustica*, § 218 e seg.). La Place ha calcolato che la celerità della propagazione del suono nell'acqua è $4\frac{1}{2}$ volte, nell'ottone $10\frac{1}{2}$ volte più rapida che nell'aria. Il che, lasciate da parte l'esperienze del Wunsch (il quale afferma la propagazione del suono per correnti di legno essere così istantanea come quella della luce) e le altre dell'Harhold e Rafn (che ci porgono una celerità del suono propagato a traverso un filo di lino torto così pronta che pare alquanto esagerata), verremo a confermare solamente con quelle del Biot. Poichè questo fisico dirizzando più esperimenti, siccome abbiamo innanzi riferito, sui tubi di aquedotto che erano costruiti di ferro di fusione della lunghezza di $951^m,25$, si accorse che si distingueano chiaramente due suoni, allorchè batteva col martello l'estremità di quella lunghezza; il primo suono era trasmesso quasi istantaneamente dal tubo, e 'l secondo più lentamente dalla colonna dell'aria. Replicò questi esperimenti con quella diligenza ed accuratezza che maggiore seppe e potè, e vide che l'intervallo tra quei due suoni era costantemente di $2",5$. A poter quindi determinare la velocità del suono trasmesso pel ferro di fusione, trasse prima dal calcolo la celerità del suono a

traverso della colonna dell'aria, che stabili, giusta la formula del num. 356, essere $2'',796$; e poi da sì fatta quantità sottraendo quella dell'intervallo $2'',5$, ebbe $0'',296$ pel tempo della propagazione di quel suono. Ma come questo tempo era ricavato da quello che impiegava il suono propagandosi nell'aria, e potea accadere che tra le temperature dell'aria e del ferro de' tubi avvenisse qualche piccola differenza nel punto delle esperienze; così volle Biot ritrarre la velocità del suono nel ferro direttamente per mezzo di cronometri esattissimi. Si avvide allora che il tempo della propagazione a traverso il metallo era $0'',26$, che differisce solamente di $0'',036$ da quello da prima stabilito. Aggiungendo adunque $0'',26$ a $2'',5$ intervallo de' suoni, si vede che il tempo della propagazione del suono nell'aria diviene $2'',76$, che quasi concorda col calcolato $2'',796$. Per lo che, posto il tempo della propagazione pel metallo $0'',26$, e per l'aria $2'',79$, è da conchiudersi che il suono si propaga pel ferro di fusione $10\frac{1}{2}$ volte più presto che per l'aria (V. la Memoria del Biot nel tomo II della *Società d'Arcueil*)¹¹⁶.

¹¹⁶Le sperienze di Chladni sulla velocità del suono pei solidi danno: nello stagno il suono si propaga $7\frac{1}{2}$ volte più veloce che nell'aria; nell'argento 9; nell'ottone e nel legno di quercia e di pruno $10\frac{2}{3}$; nel rame 12; nell'olmo $14\frac{2}{5}$; nel salice e pino 16; e nel vetro, ferro od acciaio $16\frac{2}{3}$ più veloce dell'aria. Inoltre per rapporto ai liquidi si è trovato che l'etere zolforico è $3\frac{1}{9}$ volte più buon conduttore del suono che

358. Non è in fine da passar sotto silenzio che i suoni prodotti da diversi corpi sonori, nell'atto che si propagano nell'aria, si possono talora frastagliare e incrociarsi senza confondersi, di modo che la loro propagazione ulteriore niun ritardo viene a soffrire nel punto in cui momentaneamente s'incontrano e s'incrociano. Di fatto chiunque si accorge che più suoni del medesimo tempo si propagano per direzioni differenti, senza che alcuna ingiuria mutuamente si rechino. Questo fenomeno è simile a quello delle onde dell'acque, che partendosi da più punti si tagliano, ma non si disordinano, nè tra lor si confondono, ma, dirò così, si sovrappongono. Una sì fatta proprietà, comune alle vibrazioni che producono i suoni, e alle ondulazioni che agitano la superficie de' liquidi, nasce da ciò, che nel medesimo corpo elastico possono coesistere diversi piccolissimi moti senza che l'uno possa recare alcun nocumento all'altro. I suoni adunque posson esser propagati dalla medesima massa e dalle medesime particelle d'aria, senza che s'impediscono scambievolmente; perchè la meccanica c'insegna che una molecola materiale può ubbidire a più movimenti infinitamente piccoli nel medesimo tempo (V. la *Memoria* del Cauchy *sulla propagazione delle onde*, e quella di Poisson *sul suono* nel *Giorn. Politecnico*; le *Memorie* dell'*Accad. delle Scienze*, an. 1816, e della *Società filomatica*).

l'aria; l'alcoole $3 \frac{1}{2}$; l'acqua $4 \frac{1}{3}$, il mercurio quasi $4 \frac{1}{2}$. —
Gli Editori.

CAPO III. — DELLA RIFLESSIONE DEL SUONO.

359. Abbiamo sinora considerato la propagazione del suono in una massa omogenea e indefinita; ma ove terminata supporre si voglia da una superficie di posizione fissa, come sarebbe un ostacolo qualunque, allora l'onda sonora incontrando questa superficie si riflette e ritorna indietro. E però i matematici han ricavato dalle loro formule le leggi, giusta le quali il suono incontrando una superficie piana e indefinita si riflette. La prima di queste leggi essa è che l'onda sonora nel riflettersi, l'angolo forma di riflessione eguale a quello d'incidenza, e l'altra che la celerità del suono riflesso è la medesima del diretto. E però l'intensità del suono riflesso risulta quella stessa che avrebbe luogo se il suono, in luogo di tornare indietro, si fosse prolungato al di là dell'ostacolo in linea retta. Proprietà son queste che nascono dalla molla de' corpi, sono comuni alla luce, e danno a vedere ne' suoni quegli stessi fenomeni che osservato abbiamo nella riflessione della luce per gli specchi. Di fatto se una massa di aria è compresa in mezzo a due piani paralleli, il suono si rifletterà alternativamente dall'uno nell'altro piano, ed avrà luogo un numero infinito di riflessioni, come abbiamo osservato nel n. 110 del tomo I, per mezzo della luce; e se i due piani non sono paralleli, sarà più o meno il numero delle riflessioni del suono a tenore dell'angolo minore o maggiore di quei piani. Nella stessa maniera se la superficie dell'ostacolo fosse un'ellissoide, e 'l centro dell'ondulazione diretta sia collocato in uno de' fuochi, il

suono si rifletterà per un'altra onda sferica, il cui centro sarà all'altro fuoco, e la sua intensità crescerà dopo la riflessione a misura che convergerà e si concentrerà verso l'altro fuoco.

360. Questi fenomeni del suono, che tutti si dichiarano coll'ajuto del calcolo, ci aprono la via a meglio comprendere gli effetti della *tromba parlante*¹¹⁷ (num. 353), e del *corneto acustico*, che serve di ajuto ad alcuni al sentire. In quella tromba il moto oscillatorio, eccitato dalla voce nell'aria del tubo, si riflette prima, e si riduce tutto in *B* (*fig.* 94), ch'è il fuoco della paraboloide, e da questo punto poi si diffonde per i raggi sonori *BC*, *BD*, che urtano le pareti paraboliche formando gli angoli d'incidenza *BCT* *BDT* eguali a quelli di riflessione *GCK* *EDL*. E però i raggi sonori riflessi *CK*, *DL* usciranno paralleli all'asse *BQ*, e propagandosi così raccolti conserveranno l'intensità della voce ad una notevole distanza. A questa maniera di porta-voce corrisponde il corno acustico, ch'è destinato ad accrescere l'impressione della voce e del suono nell'orecchio. In questo strumento, che si vede nella *fig.* 93, la voce si accoglie e s'introduce per la grande apertura *GE*, ed eccita delle vibrazioni nell'aria, che urtando nel perimetro della paraboloide nella direzione de' raggi paralleli *LD*,

¹¹⁷Detta anche, secondo l'uso cui serve ed anche secondo la sua forma, *tromba stentorea*, *tromba marina*, *portavoce* o *telefono*. — *Gli Editori*.

KC, si raccolgono e si condensano nel fuoco *B*. Quindi dalle vibrazioni ivi raccolte se ne eccita una assai energica nell'aria del tubo più stretto *BA*, che ripercossa più volte nelle pareti di questo tubo giunge ad eccitare fortissima impressione nell'orecchio. Sicchè il corno acustico è una tromba parlante situata all'orecchio, e dirò così rovesciata.

361. Ora il suono nel riflettersi può essere mandato indietro chiaro e distinto, ed allora ha luogo il fenomeno che si chiama *eco*; oppure a guisa d'un rimbombo confuso, e dicesi *risuonanza*. Per aver luogo l'eco è di necessità che il suo riflesso giunga all'orecchio $1/10$ di secondo (o almeno $1/9$) dopo il diretto; perciocchè se giunge prima, il suono riflesso e 'l diretto si vengono a confondere o in tutto o in parte, e non potrà sentirsi una ripetizione distinta de' suoni, o sia l'eco. Però la distanza trascorsa dal suono nell'andare e nel ritornare dev'essere di $33^m,8$; o sia la distanza tra il centro sonoro e la superficie riflettente dev'essere almeno di $16^m,9$, perchè allora si ha l'intervallo di $1/10$ di secondo tra il suono diretto e il riflesso (n. 356)¹¹⁸. Ma se la superficie che riflette trovasi ad una distanza minore di 16^m , i suoni

¹¹⁸Un orecchio giunge comunemente a distinguere non più di 9 suoni in un minuto secondo: quindi, per rapporto alla distinzione de' suoni, si avrà l'eco se il suono primitivo venga ripetuto dopo $1/9$ di secondo. Siccome poi essendo lo sperimentatore distante 337 metri dall'oggetto echeggiante, il suono impiegherebbe 1" a giungervi ed un altro secondo a

diretto e riflesso in parte si confondono, e ne risulta la risuonanza, che più d'ogni altro s'intende ne' luoghi chiusi e molto spaziosi. Ma oltre alla risuonanza che proviene dalla riflessione del suono, se ne osserva un'altra che nasce dalla vibrazione delle pareti, sulle quali viene ad appoggiarsi l'onda sonora. Oltre di che quando un movimento di vibrazione viene ad urtare un corpo, una parte di quel moto risalta formando un suono riflesso, ed un'altra penetra il corpo e vi si estingue, o pur lo traversa, affievolendosi tanto più quanto il corpo è più spesso e

ritornare allo sperimentatore; così la ripetizione del suono o l'eco si avrebbe in questo caso dopo 2". Dunque alla distanza di metri $\frac{37}{2} = 168^m, 5$ dall'oggetto si avrebbe l'eco di 9 suoni distinti consecutivi in 1"; e quindi per l'eco d'un sol suono basterà che il corpo sonoro sia almeno $\frac{168^m, 5}{9} = 18^m, 72$ dall'oggetto echeggiante.

Per rispetto poi all'eco dedotta dal tempo che è necessario a pronunziare una sillaba, osserveremo che non potendo noi pronunziare distintamente ed a voce scolpita più di 3 sillabe in 1", dovrà quindi scorrere $\frac{1}{3}$ di secondo affinchè l'ultimo suono della sillaba pronunziata non si confonda col primo che vien riflesso: dunque l'eco monosillaba si avrà quando almeno l'oggetto sia distante dalla persona metri $\frac{337}{6} = 56^m, 17$. — *Gli Editori.*

meno elastico. Di fatto è a tutti conosciuto che la voce e i suoni non sono arrestati dalle mura, e le trapassano scuotendole. Non di rado poi succede che un corpo conserva delle vibrazioni dietro i movimenti che gli ha impresso un corpo sonoro; ed allora si ha ancora una risuonanza. Di ogni maniera adunque di eco e di risuonanza daremo un cenno per dare a conoscere la teorica de' suoni riflessi.

362. Dalle leggi che recato abbiamo intorno al suono riflesso, egli è chiaro come spiegar si possa l'eco che rimanda delle parole, o una o più sillaba di una parola. Il principio generale è, che quanto la superficie che riflette, o sia l'eco, trovasi più lontano, più sono le sillabe e le parole che si possono ripetere dall'eco; perchè tanto più sono parole che si possono pronunziare, avanti che il suono delle prime sillabe, che hanno già riscontrato l'ostacolo, sieno di ritorno, e vengano all'orecchio senza confondersi. In questo modo un'eco che ripete venti sillabe è tanto distante quanto si possono pronunziare venti sillabe, avanti che il suono riflesso della prima sillaba sia di ritorno dalla superficie riflettente all'orecchio. E come nella supposizione che il tempo impiegato a pronunziare una sillaba sia, come credesi, almeno di $1/10$ di un secondo; così ne segue che a pronunziare 20 sillabe ricercasi il tempo di 2", e che l'ostacolo che riflette le vibrazioni o il suono, si debba trovare almeno alla distanza di 337^m; giacchè il suono diretto della prima sillaba impiegherà 1" per giungere all'ostacolo, giusta il num. 356, ed un altro 1" per ritornare per la stessa lunghezza di cammino; e però darà, prima di ritornare,

il tempo di potersi pronunziare tutte le venti sillabe. Si può quindi conchiudere che vi saranno tante sillabe ripetute dall'eco, quante sono le volte che la distanza 16^m,9 entra in quella interposta al punto in cui il suono si produce, e al luogo in cui trovasi la superficie o l'ostacolo che riflette¹¹⁹. Si comprende dopo ciò perchè l'eco ripeter soglia più sillabe di notte che di giorno, giacchè minore si suppone l'elasticità dell'aria come più fredda in tempo di notte, e per difetto dell'elasticità viene a rallentarsi la velocità del suono in tempo di notte.

363. Vi hanno degli echi che ripetono il medesimo suono più volte, e se ne reca in pruova quello del palazzo della Simonetta, che giunge a ripeterlo quaranta volte. Questo eco maraviglioso è prodotto da due muri parallelli, in uno de' quali havvi una finestra, in cui posto quegli che parla intende tutte le successive ripetizioni del suono¹²⁰. Altri echi simili si citano, che giusto di-

¹¹⁹Vedi la nota al paragrafo precedente. Un'eco havvi a Galbiate, grosso villaggio della Brianza nell'alto Milanese, la quale ripete due versi endecasillabi, come i seguenti:

Intendami chi può, che m'intend'io:

A rivederci un'altra volta, addio.

pronunciati però con qualche prestezza. — *Gli Editori*.

¹²⁰Quando il suono si ripete più volte consecutivamente, ha luogo l'*eco di eco*, la quale si riscontra, come dice l'Autore,

pendono da circostanze particolari, in virtù delle quali, non altrimenti che fa la luce tra due specchi paralleli, si ripercuote il suono come fassi nel palazzo della Simonetta tra due muri paralleli. In questi casi la reazione dell'aria, che si appoggia contro un ostacolo, forma l'eco, e la condensazione retrograda delle particelle aeree seguirà le leggi della riflessione, ancorchè da alcuni sommi matematici si creda non riflettersi il suono esattamente, come fa la luce. Ma vi hanno degli echi che spiegar non si possono colle leggi della riflessione, com'è quello che trovò Biot nell'acquidotto di Parigi, lungo 488 tese o sia 951 metri, in cui parlando ad un'estremità, il suono si ripete sino a sei volte, nelle prime cinque con l'intervallo quasi di 1", e nell'ultima quasi di 3", cioè a dire dopo il tempo necessario al suono per percorrere tutta la lunghezza dell'acquidotto. Chladni crede che la causa di questo fenomeno sia da attribuirsi a' nodi di vibrazione che sono formati nella massa dell'aria contenuta nel tubo, come suole accadere più d'ogni altro in quei tubi il cui diametro è piccolo rispetto alla lunghezza. Indi alcuni portano opinione che la differenza di quel tempo nasce da ciò, che i tubi componenti tutta la lunghezza non erano in linea retta, e non aveano tutti la medesima larghezza, ragion per cui non avvi parallellismo tra le ripercussioni de' suoni, ed alcune riflessioni ritardavano di più ed altre meno.

nella villa Simonetta presso Milano. — *Gli Editori.*

364. Vi sono delle volte e degli archi che danno origine ad echi più bizzarri e curiosi, e costituiscono le *sale* o i *gabinetti parlanti*. Poichè in questi un suono debole che si produce in un certo luogo si fa intendere in un altro lontanissimo, mentre non si sente in una distanza minore. Tale è la chiesa di S. Paolo in Londra, e la galleria di Gloucester, in cui due persone che parlano basso conversano in confidenza alla distanza di 25 tese; e tale è la cattedrale di Girgenti in Sicilia, in cui la voce bassa di uno che parla sul cornicione dell'altare maggiore, senza che sia sensibile agli altri che stansi vicini, si fa sentire chiaramente a quei che son situati presso la porta della chiesa¹²¹. In questi edifizi tutti i suoni che si partono da un punto vanno a riunirsi in un altro punto dopo la loro riflessione sulla volta, sugli archi, ec., in maniera che il suono più debole si trasmette tutto intero da un punto all'altro corrispondente. E però parlando basso in una di queste posizioni viene a sentirsi la parola nell'altra corrispondente, senza che si possa udire da alcuna persona ch'è situata nelle posizioni intermedie. Gli antichi aveano bene studiato sì fatta proprietà del suono, e credesi che ne usassero per produrre le maraviglie delle loro Pitonesse, e forse per aumentare l'intensità de' suoni ne'

¹²¹Tali sono anche il coro dei SS. Cosmo e Damiano a Roma; la sala della così detta cittadella o palazzo ducale a Piacenza, e la sala detta dei Giganti nel palazzo del Te a Mantova. — *Gli Editori*.

loro teatri, ch'erano ad aria aperta ed immensi.

365. Avendo riguardo alle leggi secondo cui si propaga e si riflette il suono, si è cercata la miglior maniera di costruire le sale, affinchè il suono si possa sentire distintamente da per tutto. Ma intorno a ciò è prima di ogni altro da osservare che sì fatte sale debbono essere conformate in modo da propagare con facilità e naturalmente il suono. Sono quindi da evitarsi le risuonanze e gli echi; perciocchè e questi e quelle recano una sensazione spiacevole, e alterano la qualità de' suoni, e guastano gli accenti della musica e la voce degli strumenti. Però ad impedire la reazione del suono dall'alto in basso, o sia l'eco o la risuonanza, il tetto della sala non è da costruirsi assai alto ed a gran volta. Ma sebbene è da togliere ogni azione retrograda del suono; pure si può favorire coll'ajuto delle riflessioni l'intensità del suono. A quest'oggetto sono da conformarsi le pareti in modo che il suono sparso a destra ed a sinistra, in alto ed in dietro, si volga e dirizzi verso il pubblico, e si faccia da per tutto sentire nel medesimo istante che il suono principale e diretto. Or tra tutte le figure che si possono dare ad una sala per sentire il suono, la peggiore è l'ellittica, e poco buona è la circolare. Poichè essendo proprietà dell'ellisse che i raggi, i quali si partono da uno de' suoi fuochi, si vadano tutti raccolti ad imbattere nell'altro, chiunque può conoscere che solo in questo secondo fuoco il suono si sentirebbe fortissimo, e fuori de' fuochi tutto sarebbe eco e risuonanza. E parimente in una stanza circolare si moltiplicano le risuonanze, perchè molteplici sono le riflessioni delle onde sonore,

che dovendo fare degli angoli d'incidenza eguali a quelli di riflessione, diventano tante corde successive del perimetro circolare. Di fatto delle risuonanze molto prolungate si odono nella chiesa di S. Paolo in Londra, o nella Rotonda in Roma. La figura parabolica è molto confacente, affinchè un oratore, un cantore o uno strumento si senta in ogni punto con distinzione. Si potrebbero ridurre, come vuole Chladni, i due rami parabolici a linee rette parallele, affinchè quei raggi del suono o della voce che non vengono direttamente al pubblico, e si partono dal fuoco della parabola, possano agli uditori pervenire riflessi in direzione parallele all'asse, siccome abbiamo detto nel n. 353 intorno alla tromba parlante. Propone di più lo stesso Chladni di darsi ad una sala destinata a' concerti di musica una forma conica o piramidale, che si potrebbe prolungare in pareti parallele. L'oratore in tale caso, o il cantore, o pur l'orchestra dovrebbe stare collocata nella parte stretta della sala, in cui la punta potrebbe essere mozzata o rotondata; e così la riflessione del suono sarebbe del tutto simile a quella che ha luogo nel portavoce.

366. Abbiamo più innanzi accennato che ci ha una risuonanza che non viene da riflessione del suono, ma dalle vibrazioni che si eccitano dal corpo sonoro negli altri che sono circostanti, come avviene nelle casse degli strumenti. L'aria racchiusa nelle casse, e le casse stesse vibrano, per l'influenza della corda che si strappa, e grandemente rinforzano il suono che manda la corda. Nella stessa maniera la materia di cui si costruisce un flauto, il legno, la carta, il cristallo, esercita una qualche influenza sulla

qualità de' suoni di questo strumento col vibrare o non vibrare che fanno in corrispondenza dell'aria, ch'è veramente il corpo sonoro. Ne' teatri sotto il palco scenico vi ha una volta o cavità che resta costantemente vòta. Ora l'aria che sta dentro questa cavità è posta in moto o in vibrazione dagli strumenti dell'orchestra, e fa così le funzioni di cassa armonica, perchè moltiplica i raggi sonori facendoli più forti e numerosi. Ma in tutti questi casi la risuonanza ajuta l'intensità e qualità del suono, perchè questo e quella quasi coincidono. Così ne' teatri piccolissima è la distanza tra il punto da cui il suono si tramanda nella cavità, e quello da cui si produce nello strumento; e però le onde dirette e le riflesses pervengono agli spettatori in istanti così vicini, che non se ne giunge a percepire la differenza.

367. Ma quale che si sia la cura che si prenda nel dare alle sale o a' teatri una configurazione adatta a propagare con forza e chiaramente i suoni, l'esperienza c'insegna che nelle gran sale o negli edifizii destinati a contenere una gran moltitudine di uditori, si trovano uno o più punti ne' quali succede quasi un'intera distruzione del suono, e d'ordinario portano il nome di *sordi*. Questo effetto proviene dalla natura de' moti vibratorj, e tutto si spiega col principio già dichiarato delle interferenze. Siccome il suono è riposto in una serie di movimenti che sono alternativamente progressivi e retrogradi in avanti e in dietro; così può benissimo accadere che le onde sonore incontrandosi possono accrescere, diminuire, estinguere ed in generale modificare i loro movimenti, secondo che questi han luogo nel medesimo verso

o in verso contrario. Non di rado accade che due suoni, tratti nel medesimo tempo da due tubi di organo, non si sentono dal nostro orecchio, mentre l'uno e l'altro tubo manda separatamente de' suoni molto sensibili. E ciò non da altro proviene che dalla posizione de' due tubi vibranti, la quale è così posta, che i movimenti retrogradi delle ondulazioni del primo arrivano all'orecchio nel medesimo istante che i movimenti diretti del secondo, e i due movimenti di tali onde sonore si distruggono, e cessa il suono. Ora nella stessa maniera nelle sale o ne' teatri si danno dei punti sordi; perchè il suono pervenendo a questi punti per molte vie, per quella cioè diretta e per tante altre che han luogo dopo una o più riflessioni, i movimenti delle ondulazioni non sono tra loro d'accordo; e mentre la prima onda sonora vibra addensandosi e progredendo, la seconda vibra dilatandosi e retrocedendo in modo che accostandosi questa con quella, i loro movimenti, come contrarj, mancano, e con essi viene meno all'orecchio la sensazione del suono. Savart dimostrò coll'esperienze le più decisive i punti che in una massa d'aria di una forma determinata sono agitati da movimenti sonori i più forti e i più deboli. Oltre di che venne egli indicando che le linee sonore e quelle di riposo si propagano ad una distanza notabile, e al di fuori delle finestre di una stanza, in cui si producono ed eccitano de' suoni molto intensi.

368. Ora tutte le vibrazioni che si eccitano nell'aria, e si propagano o direttamente o per riflessione, giungono all'organo dell'udito, e danno l'impressione del suono. Per lo che ci resta a

sapere, come nell'orecchio si propaga la sensazione del suono; il che ci stringe a tracciar rapidamente le parti e 'l meccanismo del senso dell'udito. Conosce chiunque l'orecchio esterno, la cui cavità termina interiormente in un tubo o *meato uditorio*, che nella sua interna estremità è chiuso da una membrana tesa che si chiama il *timpano*. Al di là di questa membrana avvi una seconda cavità, in cui riesce un piccolo condotto conico chiamato *tubo d'Eustachio*, che si apre nelle fauci, e dà così ingresso all'aria in questa seconda cavità, dentro cui trovansi quattro ossicini. Il primo de' quali dicesi per la sua figura il *martello*, che coll'estremità del manico aderisce al centro della membrana del timpano, e colla testa tocca, e può mettere in moto un altro ossicino detto l'*incudine*, che ha uno de' suoi piedi attaccato per mezzo di un piccolissimo *osso orbicolare* alla sommità di un ossicino che appellasi, a cagione della sua figura, la *staffa*. La quale colla sua base serra un foro ovale chiuso da un sottilissimo velo membranoso, dietro a cui viene una terza cavità chiamata *laberinto*, che contiene la sostanza del nervo acustico, divisa in membrane e fibre, e immersa in un'acqua simile alla gelatina. Le parti del laberinto sono tre, i *canali semicirculari*, il *vestibolo* e quella che chiamasi la *lumaca*, perchè è contornata a spirale, e tutte tre queste parti sono guernite di una polpa nervosa proveniente dal settimo pajo. Basta un sì fatto cenno per darci a comprendere che le ondulazioni sonore urtando immediatamente la membrana del timpano sono trasmesse per mezzo dell'aria della cassa e per la catena degli ossicini alle pareti del laberinto, e di là per mezzo del liquido al nervo

acustico. È questo tutto ciò che si sa di certo, e di cui si può render ragione; ma s'ignora l'oggetto cui è destinato il maraviglioso lavoro del laberinto, a che serve la catena degli ossicini, ec.; nè altro si può affermare, se non che mentre il nervo acustico è circondato dal liquido, i suoni gli si possono trasmettere dalle parti solide dell'organo; ma se quel liquido manca, manca a quel nervo ogn'impressione. Perolle fece molti esperimenti sull'influenza ch'esercitano sull'udito differenti parti che sono intorno a quest'organo. Vide che le parti solide della testa trasmettono il suono de' secondi battuti da un oriuolo, meglio che le carnose, e che i denti e soprattutto gl'incisivi, alcuni ossi del cranio, le prime vertebre del collo, ec., erano molto sensibili; ma che le parti molli della bocca e le cartilagini del naso non davano a vedere alcun senso, e che il suono di un oriuolo posto nella bocca non si propagava pel condotto di Eustachio. Osservò in fine che un suono forte si fa sentire, turate le orecchie, debolmente per le parti solide della testa (V. le *Memorie della Società di Medicina di Francia*). È noto poi dell'esperienze del Wollaston (*Filosof. Transaz.* 1820) che la rarefazione dell'aria nella cavità del timpano rende gli uomini sordi a' suoni molto gravi, e che alcuni in una ed in altra circostanza non avvertono i suoni acuti, senza che assegnar se ne possa la ragione. Sicchè molte cose ci restano ancora ad indagare sul meccanismo dell'udito.

369. Dopo di aver esposto con quella brevità che si conviene a semplici Istituzioni i principj ricavati più dall'esperienza che dal calcolo per la formazione, propagazione e riflessione de' suoni,

ci resterebbe a far qualche cenno sopra un novello argomento, qual è la doppia rifrazione e la polarizzazione del suono; giacchè Wheat-Stone, siccome si legge negli *Ann. of Phil.* dell'agosto 1823, ha provato per via di esperienze essere il suono al par della luce fornito delle proprietà della doppia rifrazione e della polarizzazione. Ma intorno a sì fatta materia, per quanto mi sappia, non si è proceduto molto innanzi, e a noi basta di averlo accennato, affinchè si conosca che sì fatti fenomeni comuni al suono ed alla luce potranno per mezzo delle vibrazioni del suono aprirci la via a scoprire la causa e le leggi di quelle modificazioni della luce che al presente ci sono in gran parte nascoste, ed a raccogliere novelle probabilità in pro dell'ipotesi delle ondulazioni, che costituiscono, come oggi da molti si pensa, lo splendor della luce¹²². Però altro non soggiungeremo, a dar perfezione al

¹²²Della polarizzazione del suono si è occupato anche Weber. Un *corista*, o quella forchetta di metallo che serve a dar l'intuonazione per l'accordatura degli strumenti, produce un suono egualmente forte, sia che si presenti l'istrumento in modo che le due branche sieno ad eguale distanza dall'orecchio, sia che partendo da questa direzione gli si faccia fare, un giro di 90° attorno del suo asse. Il suono diventa al contrario più debole alloraquando si presenta il corista in una direzione intermedia a quelle due, e vi è un punto in cui il suono è nullo. Si consulti la Memoria di quell'autore nel *Journal für Chemie und Physik*, 1826, febbrajo, pag. 108; e dicembre, pag.

trattato del suono, che quella combinazione de' suoni che si chiama *musica*.

CAPO IV. — DELLA COMPARAZIONE DE' SUONI.

370. È fuor d'ogni dubbio, dalle cose già poste e dimostrate, che vi ha una relazione o dipendenza fisica tra la rapidità delle vibrazioni di una corda tesa, e la natura del suono che questa produce. Volendo adunque comparare i suoni tra loro, altro non è da farsi che paragonare le vibrazioni che a ciascun suono in una corda tesa si corrispondono. Ed in verità la relazione principale de' suoni è quella di essere acuti o gravi; ed una sì fatta relazione è tutta fondata nel vibrare che fanno i corpi sonori più o meno velocemente. Però la fisica stabilendo e valutando sì fatti rapporti fornisce la parte scientifica della musica, che in sostanza altro non considera che le relazioni de' suoni successivi, da' quali risulta la *melodia*, e de' contemporanei, dai quali viene l'*armonia*¹²³.

385, per vedere le circostanze necessarie a produrre questa polarizzazione, il qual fenomeno così chiamato dal Weber ci sembra piuttosto dipendere dal *principio dell'interferenze*, e non da una polarità nelle onde sonore. — *Gli Editori*.

¹²³Per intendere questo capo bisogna farsi una chiara idea della differenza che passa fra un *suono grave* o *basso*, e un *suono acuto* o *alto*. Il primo è prodotto da un minor numero di vibrazioni

dell'altro, e il rapporto di gravità e d'acutezza di due suoni è ciò che chiamasi *tuono*.

Inoltre bisogna rammentare che l'*intensità* del suono non dipende dalla lunghezza delle onde, ma bensì dalle compressioni più o meno forti, o dalle velocità più o men grandi impresse all'aria dal corpo sonoro. Una corda d'un basso può essere all'unissono collo squillo rumoroso d'una campana; vale a dire che le onde sono in questo caso della stessa lunghezza, ma l'aria colpita dalla campana fa delle vibrazioni la di cui ampiezza è molto più grande, da cui dipende la sua grande intensità.

Nei suoni bisogna anche distinguere la loro qualità, la quale dai Francesi vien appellata *timbre des sons*, e che gl'Italiani chiamerebbero *metallo di voce*, dicendo che una persona, uno strumento ha un buon metallo di voce, una voce argentina. Il metallo o la qualità d'una voce o d'un suono non è così facile ad essere caratterizzato come il *tuono* e l'*intensità*. I Fisici discordano nell'assegnare la causa che produce il diverso metallo di voce, e sembra probabile ch'essa dipenda dall'ordine in cui si succedono le velocità e i cangiamenti di densità nei diversi strati d'aria che vengono compressi alle due estremità dell'onda sonora. I suoni prodotti da una corda di violino e dall'aria nel tubo di un flauto possono avere l'egual tuono e l'egual intensità, ma non sono della medesima qualità, ossia non hanno lo stesso metallo di voce. —

Tutti i suoni che si succedono l'uno dopo l'altro con una data legge formano un sistema di musica. Dato quindi un suono si possono dirizzare più sistemi, perchè si possono formare tante diverse progressioni che da quel suono movendo vadano successivamente crescendo verso gli acuti, o scemando verso i più gravi. Ma tra tanti sistemi che immaginar si possono, tre principalmente sono stati proposti, per la ragione che tre principalmente sono bene accolti dall'orecchio, e di questi tre abbiamo noi abbracciato quello ch'è il più naturale, e chiamasi da noi il *diatonico*, perchè procede per intervalli detti *tuoni*. In questo sistema adunque sette sono i termini della progressione fondamentale, o sia sette i principali suoni, ciascuno de' quali si esprime con una nota, e tutti questi suoni espressi colle loro note corrispondenti formano la così detta *scala* o *gamma*. Queste note della scala sono espresse dai musicisti nell'ordine che segue:

Suoni Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do.

Numero di	1.	1	1	1	1	1	1	2.
vibrazioni		1/8.	1/4.	1/3.	1/2.	2/3.	7/8.	

Lunghezza delle corde	1.	8/9.	4/5.	3/4.	2/3.	3/5.	8/15.	1/2.
-----------------------	----	------	------	------	------	------	-------	------

371. Riguardando a questa scala, si può da chiunque osservare

Gli Editori.

che dal suono fondamentale *D₀* si va di mano in mano dal grave all'acuto, finchè si giunge all'ottava, che si torna a chiamare *D₀*, perchè da questa ottava nota comincia una seconda progressione simile alla prima. In questo modo succede alla prima serie de' suoni la seconda *D₀*, *Re*, ec., finchè si giunge alla seconda ottava *D₀*, donde torna a formarsi un'altra simile progressione, e quindi un'altra, e così successivamente. Come si può formare una gran moltitudine di progressioni verso l'acuto, così un'altra quantità eguale se ne può dirizzare scendendo verso il grave. Poichè scendendo dal *D₀*, suono fondamentale della scala, si può progredire per la serie inversa *D₀*, *Si*, *La*, *Sol*, *Fa*, *Mi*, *Re*, e tornando all'ottava *D₀* replicar più volte la stessa serie *Si*, *La*, *Sol*, ec. Ma di tutte queste progressioni, che si compongono di tante ottave di rado dall'orecchio dell'uomo, se ne giungono secondo Wollaston a distinguere dieci, e la voce ad eseguirne quattro¹²⁴.

¹²⁴Le sette note fondamentali della gamma o scala musicale si chiamano dunque coi nomi: *D₀*, *Re*, *Mi*, *Fa*, *Sol*, *La*, *Si*. Ora si suole usare di chiamare *D₀₁*, il *D₀* del violoncello, e così *Re₁*, *Mi₁*, ec., la serie che ne risulta progredendo ai tuoni acuti; e con *D₀₂* *Re₂*, *Mi₂*, ec., l'ottava seguente, e *D₀₃*, *Re₃*, *Mi₃*, ec., l'altra ottava consecutiva ascendendo ai tuoni più acuti, ec. Il tuono del corista, o della nota che serve per accordare gli strumenti d'un'orchestra, è il *La₂*. La voce dell'uomo si estende comunemente dal *Sol₂*, al *Fa₃* e quella della donna dal *Re₃*, al *La₄*. Paragonando i tuoni che si ottengono colle

corde sonore, di cui si può valutare il numero delle vibrazioni per un secondo (vedi la nota al § 333), coi tuoni prodotti dalla voce umana: si ricava che la voce dell'uomo fa 190 vibrazioni per secondo pel suono più grave e 678 pel suono più acuto; mentre la donna ne fa 572 pel suono più grave e 1606 pel più acuto. Molte persone possono fare dei tuoni molto al disopra del *La*₄; cosicchè vi sono delle voci umane capaci di eseguire alcune migliaia di vibrazioni per secondo.

L'estensione dei tuoni che una voce umana o un istrumento può percorrere dal suono più grave al più acuto, chiamasi *diapason*; e si dice che una persona è stata fornita dalla natura d'un bel diapason, per significare che la sua voce ha una grande estensione dai tuoni gravi agli acuti.

Parecchie esperienze ha fatto Fischer per confrontare il corista del teatro di Berlino con quello di altri teatri, servendosi della formola accennata, i cui risultamenti si trovano nelle *Memorie* dell'Accademia di Berlino degli anni 1822 e 1823. Egli ha trovato che il corista del teatro di Berlino fa 437,32 vibrazioni in un secondo; quello della *Grand'opéra Française* a Parigi 431,34, e quello del Teatro Italiano nella stessa città 424,17. Importerebbe che si determinasse il numero delle vibrazioni del corista di questo teatro *alla Scala* e del teatro di Napoli, giacchè tali dati potrebbero forse servire alla spiegazione di alcune difficoltà che qualche cantante

372. In secondo luogo è da notare che questi suoni hanno tra loro i rapporti stessi delle vibrazioni delle corde. Poichè mentre la corda che manda il suono *D_o* fa una vibrazione, quella che produce il suono *R_e* ne fa $1 + \frac{1}{8}$; l'altra che rende il suono *M_i* $1 + \frac{1}{4}$, e così di mano in mano va crescendo il numero delle vibrazioni, come si vede segnato sotto i suoni della scala, finchè si giunga all'ottava o sia al secondo *D_o*, che ne fa due. Di modo che le vibrazioni delle ottave *D_o* nel salire verso gli acuti si van raddoppiando 2. 4. 8. 16. ec., e nello scendere verso i gravi si van diminuendo nella ragione suddupla $\frac{1}{2}$. $\frac{1}{4}$. $\frac{1}{8}$. $\frac{1}{16}$ ec. Questo aumento o decremento del suono fondamentale *D_o* nelle diverse ottave ha parimente luogo per ciascun altro suono della scala. Così il *R_e*, ch'è rappresentato pel numero delle vibrazioni da $\frac{9}{8}$, nella seconda ottava verso l'acuto ne avrà $\frac{2 \times 9}{8}$, nella terza $\frac{4 \times 9}{8}$, ec. Ed all'inverso nello scendere verso il grave avrà $\frac{9}{2 \times 8}$, $\frac{9}{4 \times 8}$, ec. In generale adunque ciascun suono della scala ha un numero di vibrazioni che va crescendo nella ragion dupla nelle ottave verso l'acuto, e diminuendo nella ragion suddupla nelle ottave verso il grave.

373. Oltre le vibrazioni si possono adoperare le lunghezze delle corde per riferire tra loro i suoni; perciocchè è noto che il

incontra nell'eseguire la stessa opera piuttosto su questo che su quel teatro. — *Gli Editori.*

numero delle vibrazioni è in ragione inversa delle lunghezze delle corde (num. 332). Indi sotto i suoni della scala sono segnate non che le vibrazioni, ma le lunghezze della corda corrispondenti a ciascun suono. Ora la ragion geometrica dell'uno all'altro suono espresso dal numero rispettivo di loro vibrazioni si chiama *intervallo*, ed ogni intervallo prende nome dalla distanza che passa tra l'uno e l'altro suono. Così *Do, Mi* è un intervallo di terza, *Do, Re* di seconda. Chiamansi poi *consonanze* gl'intervalli di quei suoni il cui accordo solletica piacevolmente l'orecchio, e gli altri intervalli diconsi *dissonanze*. L'accordo che da' musici si appella perfetto è quello di terza e quinta *Do, Mi, Sol*, cioè in riguardo alle vibrazioni 1, $5/4$, $3/2$, e in lunghezze di corde 1, $4/5$, $2/3$, che costituiscono una progressione armonica. Poichè il primo sta al terzo come la differenza tra il primo ed il secondo a quella tra il secondo ed il terzo, o sia $1:2/3 :: 1/5:2/15$. Ma in sostanza il *Sol* e *Mi*, la quinta e la terza si chiamano gli *armonici* del suono fondamentale *Do*, perchè i rapporti di quei suoni con questo sono tali che l'orecchio passa senza pena dal *Do* al *Sol* ed al *Mi*. Ed in verità il rapporto delle vibrazioni del suono fondamentale 1 coll'ottava 2, colla terza $1\frac{1}{4}$, colla quinta $1\frac{1}{2}$ porge una gran facilità all'organo dell'udito per passare dall'uno all'altro, e viene a risultare da ciò una sensazione più piacevole.

374. Esaminando con accuratezza i tuoni della scala, si osserva che l'intervallo tra il *Mi* e l'*Fa*, e quello del *Si* al *Do* sono più ravvicinati che gli altri; indi questi intervalli diconsi semi-tuoni, a differenza degli altri della scala che si chiamano tuoni

interi. Volendo adunque camminare e passare da uno ad un altro suono per intervalli presso a poco uniformi, si è pensato intercalare tra il *Do* e 'l *Re*, tra il *Re* e *Mi*, tra il *Fa* e 'l *Sol*, tra il *Sol* e 'l *La*, tra il *La* e 'l *Si* cinque altre note che riducono a dodici i tuoni della scala. Queste note pigliano il nome di *maggiori*, o comunemente *diesis* rispetto al suono più grave de' tuoni che separano, e di *minori* o *bemolli* riguardo al più acuto.

315. Ma per comprendere meglio la necessità di questa operazione, è da sapere che ciascun suono o nota della scala naturale può pigliarsi come il principio di una scala, cui si dà il nome di *modale*. Così in luogo di cominciare dal *Do* si può mettere a principio il *Re*, e poi fare la scala *Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do, Re*, e così di ogni altra nota si può sempre dar cominciamento alla scala. Ora per trovar la terza e la quinta, che sono i numeri armonici, non più in riguardo al *Do*, ma rispetto al *Re* o ad altra nota presa come modale, ed in generale per formare una scala tutta intera che abbia col *Re* o altra nota rapporti simili a quelli che ha la scala naturale col *Do*, è di necessità che s'inframmettessero quei *diesis* o *bemolli*, o sia quei suoni intermedj. Poichè i numeri che esprimono le vibrazioni della scala già posta del *Do* non corrispondono nei rapporti che debbono aver tra loro i varj gradi di un'altra scala di *Re*, di *Sol*, ec. Di fatto nel modo di *Do* l'intervallo della seconda alla terza da *Re* a *Mi* ha l'espressione $\frac{10}{9}$, e nel modo di *Re* il passaggio stesso dalla seconda alla terza da *Mi* a *Fa* corrisponde a $\frac{16}{15}$, ch'è assai più piccolo di quello che dovrebbe essere.

Bisogna adunque che certi intervalli si aggiustassero rialzando o abbassando una nota; il che si fa per mezzo de' diesis o dei bemolli. Così ponendo da principio per suono modale *Sol*, si avrà la scala *Sol, La, Si, Do, Re, Mi, Fa* col diesis, *Sol*; affinchè il passaggio dalla sesta alla settima sia simile a quello di *La* a *Si* nella scala naturale. Nella stessa maniera avendo per suono modale *Fa*, ne viene la scala *Fa, Sol, La, Si* col bemolle, *Do, Re, Mi, Fa*, e dee abbassarsi il *Si* per mezzo del bemolle, affinchè questa quarta possa, quanto più si può, corrispondere al rapporto stesso che ha la quarta *Fa* nella scala naturale che comincia di *Do*. I musici per evitare la monotonia non solo riguardano ciascun suono come suono modale e gli assegnano la sua scala giusta, ma anche i suoni intercalati.

376. Ciò non per tanto è da confessare che si trova sempre qualche piccola differenza, per la ragione che lo stesso suono non può con esattezza soddisfare a tutti i gradi che gli debbono corrispondere in tutte le scale. Così supponendo la corda *Do* divisa in mille parti, il *Sol*, che corrisponde alla quinta, deve avere per lunghezza di corda 0,667; ma se pigliasi per suono modale *Re*, il *Sol* viene ad essere la quarta; e per corrispondere a questo grado la sua corda dev'esser lunga 0,666: ecco una differenza. Perchè dunque lo stesso *Sol* possa soddisfare insieme a *Do* come quinta e a *Re* come quarta, si deve scegliere un termine medio che senza offender l'orecchio possa corrispondere al grado di quinta e di quarta. Ora queste piccole differenze van crescendo in più o meno, come si progredisce verso gli acuti di ottava in

ottava, e si rendono più sensibili dopo molte ottave.

Si vede da ciò che nel cembalo o in uno strumento qualunque a suoni fissi le quarte, le terze, le quinte o altri intervalli dovranno avere tra loro una piccola differenza, la quale nel progresso va crescendo in più o pure in meno, e diviene più o meno sensibile a distanze diverse. E come nel cembalo o altro strumento a suoni fissi la stessa corda non può dare che lo stesso numero di vibrazioni; così non può soddisfare a tutti gl'intervalli con esattezza. Si è quindi pensato di alterare in modo i suoni, che ogn'intervallo si avvicini quanto si può all'esattezza, senza guastare gran fatto il rapporto che dee avere con tutti gli altri; e queste piccole alterazioni necessarie ad ottener tale effetto portano il nome di *temperamento*. Propose Rameau d'inserire tra 1 e 2, o sia tra gli estremi di una scala, 12 termini in progressione geometrica. Ma la pratica non è questa; perciocchè si suol pigliare la differenza, ancorchè piccola, ma già ridotta sensibile dopo 10 o 12 ottave, e dividendola in parti eguali alterarne in corrispondenza il tuono in ogni ottava. D'ordinario poi si accordano gli strumenti ad orecchio coll'aggiustare sopra tutto le quinte e le terze. Siccome le ottave debbono conservarsi accordate con esattezza, perchè l'orecchio resta disgustato, nè può soffrirle se non sono giuste; così si è pensato di portare qualche piccola alterazione alle quinte ed alle terze. Camminando di fatto di quinta in quinta si ha *Sol*, *Re*, *La*, *Mi*, ec.; e in questo caso si vede che come si progredisce da *Do* a *Sol*, da *Sol* a *Re*, da *Re* a *La*, ec., gl'intervalli di quinta in

quinta non sono esattamente eguali, ma passa tra loro una piccola differenza che si rende più sensibile quanto più si avanzano. Indi è che le quinte si alterano col pigliare un intervallo che meno offende, e d'ordinario nel cembalo si abbassano. Nello stesso modo si temperano le terze che d'ordinario si sogliono alquanto alzare, e dalle piccole alterazioni in più ed in meno delle quinte e delle terze ne risulta il temperamento.

Chladni fu di avviso che la voce e gli strumenti che non sono a suoni fissi temperano nello stesso modo che si fa nel cembalo; ma come questo temperamento si eseguisce da chi canta e da chi suona il violino o altro simile strumento, senza che il cantore o il suonatore se ne avvegga; così si è stabilita l'opinione che la voce e gli strumenti che non hanno suoni fissi non temperano. Ma in ciò s'inganna, per la ragione che il cantore quando canta solo e 'l suonator di violino quando suona a solo eseguiscano esattamente, e perciò non han bisogno di temperare. La voce trova nelle sue inflessioni graduate tutte le intonazioni necessarie per eseguire i suoni quali debbono essere, ed è solo forzata a temperare quando n'è costretta da uno strumento a suoni fissi, come il cembalo, l'organo, l'arpa, ec. Sotto questo rapporto, dice il Biot, una voce melodiosa e giusta si può comparare ad uno strumento che ha un infinito numero di tasti fissi, su cui tutte le scale immaginabili si potrebbero eseguire.

377. Si è cercato se le regole della musica abbiano una ragione o un fondamento sul quale si appoggiano e da cui derivano; ma

varie sono intorno a ciò le opinioni. Si comincia per mettere innanzi un'esperienza, che è quella di una corda la quale nel vibrare fa sentire molti suoni concomitanti. Pigliando in fatti una corda tanto lunga, quanto è quella del basso nel cembalo o nel violoncello, e mettendola in vibrazione, si osserva che stando coll'orecchio attento e vicino a questa corda si sente non solo il suono ch'essa tramanda, ma la sua ottava, e la sua doppia ottava, l'ottava della sua quinta, e la doppia ottava della sua terza. Per lo che chiamando il suono principale $Do = 1$, si avrà l'ottava $= 2$, e la doppia ottava $= 4$, e insieme l'ottava della quinta $Sol = 3$, e la doppia ottava della terza $Mi = 5$, pel num. 372. Ma i termini che risultano da questa esperienza, sono considerati come i primi della vera serie che s'estende indefinitamente. Poichè se accanto di una prima corda se ne collocano delle altre le cui vibrazioni sieno 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8, mentre quella non ne eseguisce che una sola, si vedrà che strappando la prima corda, questa risuonerà, e con essa daranno un debole fremito o una risuonanza le altre ancora. Le corde adunque sono in lunghezza 1. $1/2$. $1/3$. $1/4$. $1/5$. $1/6$. ec.; e le vibrazioni 1. 2. 3. 4. 5. 6. ec.; e però nell'unico suono della prima corda sono racchiusi i suoni di tutte le altre; giacchè intanto le altre corde risuonano in quanto sono scosse dalle vibrazioni della prima. Per lo che la prima corda vibrando non solo manda ad effetto le vibrazioni che sono proprie della sua lunghezza, ma quelle ancora che sono analoghe e conformi alle rispettive lunghezze delle altre. Nella prima corda adunque sono racchiuse tutte le vibrazioni o suoni delle altre corde, ed il

suono principale della corda si chiama *generatore*, e i suoni più deboli, che l'accompagnano, si dicono *armonici*.

373. Ora viene alla mente di tutti che la nostra scala diatonica (num. 373), come quella che racchiude le consonanze le più perfette, quali sono l'ottava, la terza e la quinta, poggia sopra l'esperienza rapportate. Poichè dandoci queste a vedere le consonanze o sia l'armonia de' suoni, che soli risuonano sensibilmente allorchè si fa vibrare una corda sola separatamente, ci fanno manifesto d'onde e perchè sia stata scelta dall'orecchio quella scala. In conferma di ciò si può aggiungere un'altra esperienza, che chiamasi volgarmente del Tartini, e consiste nell'osservare che da due suoni contemporanei giusti, forti e ben sostenuti ne risulta un terzo suono più debole. Questo suono risultante è tale, ch'espressi i primi due suoni ne' numeri più semplici, debba essere rappresentato col numero 2. Siano, a cagion d'esempio, i due suoni *D₀*, *Re*, che sono designati (num. 372) da' numeri 8 e 9; allora il suono prodotto sarà la doppia ottava al di sotto del *D₀*, che viene rappresentato da 2. In questo modo venne il Tartini mostrando che posta la serie de' suoni 1. 2. 3. 4. 5. ec., corrispondenti alle corde o ad una corda divisa nella progressione armonica $1/2$. $1/3$. $1/4$. $1/5$. ec., si vedrà che presi in quella serie i suoni a due per due, escluso il primo = 1, si uniscono tutti a produrre lo stesso suono = 1, ch'è il suono fondamentale. Per lo che questa esperienza è l'inversa delle prime: quelle dal suono fondamentale vanno ai suoni consonanti più alti, e questa dai più alti va al fondamentale. E però alcuni, come il Rameau, son di

avviso che l'armonia produca la melodia, e che dalla diversa risonanza che porta seco ogni nota del basso, sieno determinate le leggi della melodia. Altri poi, come il Tartini, son venuti nella opinione contraria, credendo che la melodia regoli l'armonia; perchè quelle due note o quei due suoni producono il basso.

379. Finalmente ci han di quelli che pensano doversi introdurre una novella scala che a loro sembra più naturale. Questa nuova scala essi ricavano dalla serie de' suoni armonici, che al vibrar di una sola corda si rendono dalle corde che han le lunghezze $1/8$. $1/9$. $1/10$. $1/11$. ec. sino a $1/15$ inclusivamente. I suoni che ne verrebbero a risultare, sarebbero simili a quelli della nostra scala, tranne che il *Fa* e il *La* sarebbero un poco più alti, e che il suono armonico corrispondente a $1/13$ sarebbe un soprannumero tra il *Sol* e il *La*. Ma il pensiero di costoro non è stato approvato, e l'orecchio, prima che conosciute si fossero le leggi armoniche di un corpo sonoro, ha deciso a pro della nostra scala, che risulta, come si è notato, dagli accordi perfetti ottava, quinta e terza. Ed in generale non pare cosa ottimamente fatta cavar le leggi dell'armonia dalle vibrazioni di una corda, e dalla coesistenza di alcuni suoni con quello ch'è fondamentale; poichè le leggi dell'armonia che si cavano dalle vibrazioni delle corde, ch'è una maniera di corpo sonoro, non possono essere generali, ma si debbono applicare con molte e varie modificazioni agli altri corpi sonori. Oltre di che si trovano alcuni fenomeni di armonia che riescono gratissimi, e ricondurre non si possono alle leggi stabilite. Per lo che ben fondato non si reputa nè il sistema

del Rameau, che ricava le leggi dell'armonia dalla triplice risuonanza, nè quello del Tartini, che le fonda sulla coesistenza di un suono grave, quando se ne producono due più acuti.

380. È oggi venuto quasi nella comune opinione che la base dell'armonia riposa nella semplicità de' rapporti de' numeri ch'esprimono le vibrazioni. In questo senso un intervallo è consonante o dissonante, se il suo rapporto è semplicissimo o no. Però gl'intervalli che si possono indicare per i numeri 1. 2. 3. 4. 5. ec., o per 1. 3. 5., e per i doppj di tali numeri, si chiaman tutti consonanti, e dissonanti le combinazioni differenti di questi stessi numeri. Non è già che l'orecchio conta e compara il numero delle vibrazioni, ma sente l'effetto di questi rapporti, e ne prende diletto. Avverte poi la semplicità de' rapporti, perchè non resta molto sospeso, anzi presto sente la concorrenza delle vibrazioni simultanee. Così quando l'orecchio sente due suoni, uno de' quali fa una o due vibrazioni nel medesimo tempo che l'altro ne fa due o tre, non deve aspettar molto a sentir la coincidenza o concorrenza delle vibrazioni, perchè i rapporti 1 a 2, o pure 2 a 3 sono semplicissimi. Ma questa è una maniera di spiegare che non sappiamo quanto sia vera, giacchè si hanno alcune volte de' rapporti semplicissimi che non porgono piacere all'orecchio, nè a noi si conosce donde venga e in che consista il piacer delle consonanze.

DELL'ACQUA

381. Siccome all'aria atmosferica si sono riferiti tutti gli altri fluidi aeriformi per le proprietà che sono comuni al loro stato elastico; così all'acqua si sono rapportati tutti gli altri liquidi per le proprietà che loro sono comuni, e nascono dalla mobilità e dallo slegamento delle loro molecole, o sia dalla loro liquidità. Però al trattato dell'aria atmosferica, ch'è legato a quello dei gas, facciamo qui succedere l'altro dell'acqua, che tanto abbonda sul globo, e tanto opera disciogliendo i corpi, e facilmente passa da uno in un altro stato o di solidità, o pure aeriforme e di vapore.

L'acqua al par dell'aria era stata posta sin dalla più remota antichità nell'ordine degli elementi e delle sostanze semplici, e fu veramente Cavendish il primo che nella state del 1781 dopo alcune esperienze giunse a conoscere e venne ad annunziare che l'acqua altro non era che una combinazione d'idrogeno e di ossigeno. Ma per confermar questa verità facea di mestieri che si bruciasse gran quantità di gas idrogeno, si valutassero le proporzioni del gas idrogeno e del gas ossigeno che si combinano, e si dimostrasse il loro peso essere corrispondente a quello dell'acqua che si formava. Ad eseguir tutti gli esperimenti che miravano a scoprire quelle proporzioni e queste quantità si adoperarono Lavoisier nel 1783 e nel 1785, e poi Lefebvre-Gineau da una parte, e Fourcroy, Vauquelin e Seguin dall'altra; ed in seguito non si dubitò più, non ostanti le difficoltà che molti ivano apponendo, che l'acqua sia un composto di gas idrogeno e di gas ossigeno,

o, come oggi dicesi, un protossido d'idrogeno.

382. Si stabilì da prima la proporzione di 85,662 di ossigeno, e 14,338 d'idrogeno in 100 parti di acqua; si corresse poi una sì fatta proporzione, dicendo che il rapporto dell'ossigeno all'idrogeno nell'acqua fosse 88,29:11,71; ed in fine si ridusse dall'esperienza le più esatte del Berzelius e Dulong a 88,9:11,1 (V. *Annali di Chim. e Fis.* tomo, XV, pag. 389). Per tornarsi a comporre l'acqua basta che l'idrogeno bruci (V. Thenard, *Elem. di Chim.* tomo I, pag. 203, sesta ediz.), e basta la compressione delle proporzioni del gas idrogeno e dell'ossigeno, siccome ha fatto Biot, per formarsi l'acqua.

Alla sintesi si è aggiunta l'analisi per mezzo di quelle sostanze che levano l'ossigeno all'acqua, e lasciano intatto l'idrogeno. D'ordinario si mette l'acqua in contatto col ferro al grado di calore rosso di ciliegia, perchè l'ossigeno dell'acqua si unisca a questo ferro (V. Thenard, loc. cit.). Però tutti i combustibili massime per mezzo del calore scompongono l'acqua, e similmente la scompone, siccome abbiamo veduto (num. 28), l'elettricità e la pila galvanica¹²⁵. Sicchè non dubitandosi più della composizione

¹²⁵Nell'esperimento I, pag. 204 [*pag. Erroneo: sorgente del riferimento non trovata della presente edizione elettronica Manuzio*], si ottiene libero il gas flogogeno (idrogeno) decomponendo l'acqua coll'azione del ferro o dello zinco sull'ossigeno della medesima. Parimente nell'accendilume di Volta (nota al § 222) il

dell'acqua, nè delle proporzioni de' suoi componenti, ne andremo esaminando le proprietà ed il modo con che si muove.

**CAPO PRIMO — DELLE PROPRIETÀ DELL'ACQUA NE' VARJ
SUOI STATI.**

383. L'acqua, nel suo stato ordinario di liquido, è un corpo insipido, senza colore, senza odore, visibile, trasparente, alquanto elastica, per la trasmissione de' suoni, e capace di bagnare la più parte dei corpi e di essere compressa. Questa ultima proprietà fu per gran tempo messa in forse da' fisici; ma dopo l'esperienza del Zimmerman, del Canton e di tanti altri resta fuor di ogni dubbio che l'acqua sia compressibile. Si è dimostrato per mezzo delle macchine di compressione le più opportune, che col peso di un'atmosfera l'acqua si comprime, o sia diminuisce il suo volume secondo Canton 0,000044, giusta Perkins 0,000048, e secondo Oersted 0,000045 (V. *Ann. di Chim. e Fis.* tomo XVI e XXII)¹²⁶. Indi si crede che in virtù di questa proprietà che ha

flogogeno si ha dalla decomposizione dell'acqua. — *Gli Editori.*

¹²⁶Dopo i Fisici nominati dall'Autore, si sono occupati della compressione dell'acqua e dei liquidi Colladon e Sturm in una *Memoria*, per la quale ottennero il premio dell'Accademia di Francia (*Annales de Chimie et de Phys.* 1827). I risultamenti di

l'acqua di comprimersi si possa dichiarare l'esperimento del Des-saignes, che fa mandare una luce viva dall'acqua per mezzo di un urto forte ed istantaneo sopra di essa; perciocchè l'acqua allora si comprime, e dalle sue molecole, che si ravvicinano, si viene a svolgere il calorico che diventa luminoso (V. Thenard *Elem. di Chim.* tomo pag. 194).

384. La gravità specifica dell'acqua si reputa d'ordinario = 1, perchè si piglia a punto di comparazione, o ad unità delle gravità specifiche degli altri liquidi o pur de' solidi. Ma l'acqua si tiene per 1 sotto la pressione di 76 centimetri, e alla temperatura 4°C, perchè a questa temperatura ha il suo *maximum* di densità. Riferendosi dunque le gravità specifiche dell'aria, del gas idrogeno del platino a quella dell'acqua = 1 sotto la medesima pressione e temperatura; si è trovata la densità dell'aria 0,0012802, quella del gas idrogeno 0,00008808 e l'altra del platino 20,98. Però poste le stesse circostanze, il peso dell'acqua è 781, e quello del platino

Colladon e Sturm danno, sotto la pressione d'un'atmosfera, per la compressibilità dell'acqua privata d'aria 0,00004965, e di quella non privata d'aria, 0,00004785. Sino a 70 atmosfere la compressibilità dell'acqua è proporzionale, secondo Oersted, alle forze comprimenti. Il mercurio è circa 16 in 17 volte meno compressibile dell'acqua; mentre l'alcoole è del doppio, e l'etere zolforico quasi del triplo più compressibile dell'acqua. — *Gli Editori.*

16391 volte più del peso dell'aria¹²⁷.

385. È stato osservato e più d'ogni altro posto in chiaro dal Rumford che le molecole dell'acqua son dotate di una forte attrazione tra loro, e in modo che una spilla o altro corpo leggiero non giunge a separarle per profundare nell'acqua. Ed in verità i venti non vagliono, come fan della polvere, a sparnazzare le acque del mare, de' fiumi, de' laghi, per la forte attrazione che stringe quelle molecole tra loro, e l'acqua riesce il più adatto mezzo a trasportar dentro di sè nelle piante le particelle necessarie alla loro nutrizione.

386. L'acqua pura è un mal conduttore del fluido elettrico, ed è questa la ragione perchè non si opera la sua scomposizione

¹²⁷Secondo i dati dell'Autore il platino risulterebbe 16388 volte più pesante dell'aria. Il platino però tirato alla filiera ha per densità 21, e quello laminato 22 e più, per cui il corpo più pesante che si conosce è 21 in 22 volte più denso dell'acqua, e il flogogeno (idrogeno), ch'è il corpo meno pesante noto, è più di 11 mille volte meno denso dell'acqua.

Per confrontare le densità dei liquidi e dei solidi è necessario prenderli all'egual temperatura, non però sotto la medesima pressione come i fluidi aeriformi, perchè in quelli non influiscono affatto sulla loro densità le variazioni naturali che avvengono nella pressione atmosferica. — *Gli Editori.*

eziandio coll'ajuto di una pila molto energica. Ma come all'acqua pura si aggiunge una piccola quantità di sale o di acido, quella immantinente acquista la proprietà di condurre il fluido elettrico, e tantosto si scompone.

387. L'acqua allo stato liquido ha la facoltà di sciogliere il gas ossigeno, e tanto più quanto la sua temperatura è più bassa, e maggiore è la pressione dell'atmosfera. Sotto la pressione 76 centimetri e alla temperatura 10C, ne scioglie più della venticinquesima parte del suo volume. L'acqua del pari scioglie l'aria comune; ma è da notare che l'aria dell'acqua è più pura di quella dell'atmosfera, perchè questa contiene 0,21 di ossigeno, e quella, al dir del Thenard, 0,32. Il che si crede che provenga da ciò, che il gas ossigeno puro sia nell'acqua più solubile del gas azoto puro, o, in altri termini, che quel gas abbia più affinità per l'acqua di questo; indi l'aria dev'essere più pura nell'acqua, che nell'atmosfera (V. Thenard, op. cit. tomo I, pag. 196). È da notarsi in fine il poter di rifrangere dell'acqua, ch'è più forte di quello dell'aria almeno di 0,7, e che l'acqua può pigliare lo stato aeriforme o di vapore coll'ebullizione, o pur lo stato solido gelando.

Molto di rado e forse non mai l'acqua si trova allo stato di purezza, ma sempre è più o meno sporca di materie straniere, che talvolta sono sospese e nuotanti nella medesima, e talvolta sono combinate. Quando l'acqua non ha un sapore sensibile, e pochi sono i sali che contiene, allora si chiama *dolce*, com'è quella delle scaturigini, de' fiumi, de' fonti, ec. Quando poi abbonda di sali e di altre materie straniere, in modo che operi sul palato e

sull'economia animale, piglia il nome d'acqua *minerale*. Si dice in fine acqua *salsa* quella di mare, o di altre sorgenti che abbondano di sal marino.

388. Parlando in prima delle acque dolci, se ne debbono distinguere varie, cioè: di polla, di fiume, di pozzo, di pioggia, di liquefazione di neve, che sono tutte potabili, a differenza di quelle che diconsi *crude*, che sono austere al palato e sgradevoli al gusto, per un sapore terreo. Si danno per caratteri, con cui ravvisare se le acque riescono buone a beversì, che sieno limpide, leggiere, senza odore, e più di ogni altro che sieno atte a ben cuocere i legumi, e che sciolgono il sapone senza lasciarne grumi; perciocchè questi sono due indizj che cospirano a significarci che l'acqua non racchiuda gran copia di sali calcari. Ma, oltre questi segni, possiamo noi distinguere le acque crude da quelle che sono potabili con evaporarle: giacchè dal residuo che lasciano si argomenta, quando è molto, che l'acqua sia cruda, e quando è poco, che sia atta a beversì; e le acque buone dalle cattive si distinguono dalla quantità minore o maggiore delle sostanze eterogenee che in quelle acque si racchiudono. Giova finalmente metterle a cimento con alcuni reagenti chimici, che rendono manifeste le materie contenute nell'acqua. Così gocciolando sulle acque dell'ossalato di ammoniaca, si vede che l'acido ossalico, scomponendo i sopracarbonati calcari che stansi sciolti nell'acqua, si unisce alla calce, e formando l'ossalato di calce, ch'è insolubile, produce un intorbidamento. Nella stessa guisa per mezzo del nitrato d'argento si rendon palesi gl'idroclorati, e

coll'ajuto del nitrato di barite i solfati, nel caso che le acque ne contengono.

389. Si può da questi cenni ora comprendere in che sia riposta l'analisi delle acque potabili. Primieramente è da indagarsi l'aria e l' gas acido carbonico che contengono: poichè l'acqua potabile riesce piacevole al gusto per l'aria atmosferica e l'acido carbonico che in picciola dose racchiude. Di fatto l'acqua purissima, qual è quella che artificialmente si distilla, ha un so che di nauseante, perchè manca d'aria; e le acque dopo l'ebullizione si rendono gradevoli al gusto tenendole esposte all'aria, che facilmente ne resta assorbita e disciolta. Si saggiano poi co' reagenti da noi indicati, e per mezzo dell'evaporazione si ottiene il residuo, che si esamina pure coi reagenti, per conoscere la qualità e la quantità de' sali disciolti. In Palermo, che abbonda d'acque, una sì fatta analisi è stata già istituita, come si può vedere nella *Topografia di Palermo*, pag. 107 e nota 151.

390. Per purificar le acque crude è di necessità che si scompongano, e si mettano in precipitazione i sali terrei. Basta quindi metterle in ebullizione, perchè col bollimento si scaccia il gas l'acido carbonico che tiene sciolti tutti i carbonati; e scomporne con un alcali il solfato calcario. Dopo di che si feltrano le acque a traverso l'arena e l' carbone, e si restituiscono così alla purezza. E perchè alcuno non venga in meraviglia, che si proponga di purgar le acque crude facendole passare a traverso del carbone, è da sapere ch'è singolar proprietà del carbone di ritenere le materie guaste e corrotte, e render limpida l'acqua, massime se

prima di gettarla sopra il carbone vi si mescoli dell'acido solforico nella proporzione di 20 gocce sopra 56 once. Di fatto è già conosciuto che uno strato di carbone attorno la superficie interna di una botte preserva l'acqua contenutavi dalla corruzione, anche per una lunghissima navigazione (V. *Annali di Chim.* tomo XXXIX, p. 96).

391. L'acqua di neve contiene una piccola parte d'idroclorato, e forse di nitrato calcare; ma è priva d'aria atmosferica e d'acido carbonico, che sono le sostanze che molto conferiscono al gusto e alla salubrità delle acque. Quando le acque di pioggia si conservano nelle cisterne, è da pigliar gran cura che vi possano circolare delle correnti di aria; perchè se le cisterne sono chiuse, e l'aria dentro loro non circola, le acque perdono l'ossigeno, che si unisce alle sostanze animali o vegetabili che le piogge seco strascinano. Converrebbe almeno che le acque prima di entrar nelle cisterne traversassero uno strato spesso di arena per perdere le materie straniere che portano sospese. Le acque di fonte e di polla sono meno impure quando scorrono sopra o a traverso dei sassi, e intanto sempre tengono disciolti de' sali. Ma più di ogni altro sogliono abbondare di sopracarbonati, idroclorati e solfati di calce le acque de' pozzi che in questi non scorrono, ma stagnano. Di fatto le acque di lago e di palude sono così nocive, in confronto di quelle di pozzo, per le materie straniere di cui ridondano, ed eziandio per la putrefazione degli animali e delle piante, da cui si manda una materia chiamata *estrattiva*, che turba

la limpidezza delle acque, ed è disgustosa al palato e molto insalubre.

392. Le acque *minerali* differiscono dalle crude per la molteplicità e quantità delle parti straniere che racchiudono; e si distinguono in due classi, in fredde, e calde o sia *termali*; e come sono talora utili contro varj morbi, portano esse il nome di *acque medicinali*. La differenza nella temperatura delle acque nasce dalle terre sulle quali scorrono; perciocchè il calor delle acque termali non è proprio, ma acquistato nel traversare i terreni. E come tra le sostanze che fan parte di un'acqua minerale, ve ne han di quelle che più influiscono alle sue proprietà per l'energia o per la quantità; così le acque minerali soglionsi dividere in *solforose*, *acidule* o *gaçose*, *calibeate* e *saline*. Però la prima operazione da mandarsi ad effetto, quando si vuole esaminare un'acqua minerale, è quella di saggiarla per mezzo de' reagenti, affinchè si conoscano in generale le sostanze che più o meno la compongono. Quando poi si viene all'analisi, bisogna da prima rivolgere la mente all'estrazione delle materie volatili per determinare la quantità de' gas. Si trae poi coll'evaporazione dell'acqua un sufficiente residuo, che si scioglie prima coll'acqua distillata, e poi coll'alcool, per separare i sali solubili nell'acqua da quei che sono solubili dall'alcool. Si ottengono così due o più porzioni del residuo, che separatamente si cimentano per determinare la quantità e la proporzione de' sali. Oltre questo metodo, un altro ne ha innanzi recato il Murray, che lo stima superiore ad ogni altro. Considerando egli che la concentrazione col mezzo dello svaporamento

viene in molti casi a cangiare lo stato della combinazione, dubita forte che i sali ottenuti non sieno gl'ingredienti originarj delle acque, ma il prodotto del concentramento che fassi coll'evaporazione. Però gli venne in mente di determinare la composizione delle acque minerali collo scoprire gli acidi e le basi ch'esse contengono; giacchè si conoscono nello stato attuale della scienza le proporzioni delle parti costituenti della maggior parte de' sali composti. Per lo che in luogo di ottenere, come fassi col primo metodo, i sali composti, isolatamente ne indaga gli elementi, e da questi ricava la quantità di quei sali. E sebbene varie si abbiano le quantità de' composti binarj, sono da scegliersi quelli che sono più solubili, perchè sono questi appunto che fan parte delle acque minerali (V. il *Trattato pratico* di Accum, vol. II; e Murray, *Annali di Chim. e Fis.* tomo VI, pag. 159). Ora così il primo come questo secondo metodo si reputa da' chimici degno di pregio; ma l'analisi delle acque minerali, al dir del Thenard, preferisce or l'una or l'altra via, secondo le materie che sono in queste acque contenute. E però dipende dalla perizia e dal valore del chimico introdurre delle modificazioni nell'eseguire l'analisi. Il certo è che le sostanze diverse sono così disciolte nelle acque minerali, e talvolta in sì piccola dose, che riesce molto difficile il rinvenirne la qualità, e assegnarne con esattezza la quantità. Oggi non si tiene più conto delle analisi che furono istituite son già 20 o 15 anni, perchè si reputano tutte inesatte per la ragione che ai nostri di si è conosciuta perfettamente la natura de' sali, ed ha acqui-

stato la chimica la conveniente precisione ed esattezza (V. le Memorie del Cuvier, tomo XIX degli *Annali di Chim. e Fis.*; e del Berzelius, tomo XXV, pag. 143).

393. L'acqua del mare si può considerare come un'acqua minerale, e non si crede egualmente impura in tutta l'estensione e in tutta la profondità. Ma Gay-Lussac in compagnia di Despretz ha osservato che la densità e la quantità del sale dell'acqua del grande Oceano presa sotto differenti longitudini e latitudini sia la medesima, o almeno che abbia delle differenze che sono poco sensibili (V. *Annali di Chim. e Fis.* tomo VI, pag. 426). È poi da leggersi la Memoria del Marcet sul peso specifico e sulla temperatura delle acque del grande Oceano e di altri mari, di cui se ne ha un estratto nel tomo XII degli *Annali di Chim. e Fis.* In generale gl'ingredienti dell'acqua del mare sono gli acidi idroclorico e solforico, la soda, la calce e la magnesia; ma i chimici non sono d'accordo tra loro nel recarne le proporzioni secondo che han posto in opera de' processi diversi. Bouillon La Grange e Vogel han trovato che contenea sal marino, idroclorato di magnesia, solfato di magnesia, carbonato di calce e di magnesia, solfato di calce, acido carbonico; e 'l Murray sal marino, idroclorato di magnesia, idroclorato di calce e solfato di soda; ed ha riconosciuto al più la presenza di un poco di gas acido carbonico senz'altro. Wollaston inoltre ha scoperto nell'acqua del mare una piccola quantità di potassa, ed alcuni chimici credono di osservarvi alcune tracce d'idriodato. Le quali cose ci danno chiaro a vedere che sebbene si conoscano presso a poco gl'ingredienti principali

di quest'acqua, pure non sonosi determinati ancora tutti con precisione e con esattezza.

Si può purificare l'acqua marina per mezzo della distillazione che si fa a fuoco lento, ed è oggi riconosciuto che l'acqua marina distillata si può bere.

394. Conoscendosi che l'acqua si trova sempre più o meno carica di sostanze straniere, si comprende benissimo che le acque non possono ritenere la stessa gravità specifica, la quale cresce come aumenta il numero delle sostanze che mantengono disciolte. L'acqua del mare, pigliando un risultato medio, pesa forse circa due libbre per piede cubico più dell'acqua di fiume. E però viene che le acque per mettersi in ebollizione han di bisogno una quantità maggiore di calorico non solo secondo la varia pressione dell'atmosfera, ma ancora secondo che sono più o meno cariche di sostanze eterogenee. Achard fece su di ciò molte esperienze, e ne pubblicò i risultati nell'accademia di Berlino l'anno 1785, indicando le varie sostanze che sciolte nell'acqua ne sollecitano e quelle che ne ritardano il bollimento. Così l'idroclorato e 'l solfato di soda lo ritardano, il primo per circa 6° C, e 'l secondo per circa 3° ; il borato al contrario e 'l solfato di magnesia in particolare lo sollecitano; questo per $1^{\circ},372$, e quello per $1^{\circ},750$. Ma tosto che ha cominciato a bollire, la temperatura resta stazionaria (V. nel tomo I il *Trat. del Calorico*, num. 283).

395. Posta la pressione dell'atmosfera a 28 pollici e la temperatura a 100° C., l'acqua che bolle si espande in un volume 1700 volte maggiore di quello dell'acqua alla massima condensazione,

ossia alla temperatura di 4° C. Ma qualunque sia questa espansione, un aumento di temperatura l'aumenta o tende ad aumentarla, e un decremento notabile sempre la diminuisce. Si forma adunque coll'ebullizione un gas trasparente ed invisibile, che si chiama *vapore aquoso*, e dalla tendenza di questo vapore ad aumentarsi per un aumento di temperatura nasce la tensione, o sia la forza elastica o espansiva, ch'esso esercita contro gli ostacoli che gli si oppongono. Indi dall'esperienze del Dalton si è ricavata una Tavola, in cui sta notata la tensione del vapore in corrispondenza a ciascun grado di temperatura del termometro centigrado, che si può leggere nel *Trattato di Fisica* del Biot¹²⁸. La forza espansiva del vapore svolge tal gagliardia alcune volte, che supera quella stessa de' gas che si sviluppano dall'accensione della polvere di cannone; ed è noto, giusta l'esperienze del Vauban, che circa 130 libbre di acqua ridotta rapidamente in vapore può produrre un effetto esplosivo, che sta a quello prodotto dalla combustione di egual dose di polvere :: 385:150 circa. Ma quale che si sia l'impeto del vapore, si può all'istante raffrenare ove vi si spruzzi sopra una certa quantità d'acqua fresca; perchè subito il vapore si condensa, e la sua forza manca. Di fatto è l'impeto del vapore che innalza nelle trombe lo stantuffo, ed è uno spruzzo

¹²⁸Si veggia in proposito l'*Appendice* a pag. 159 [pag. *Errore: sorgente del riferimento non trovata della presente edizione elettronica Manuzio*] di questo volume. — *Gli Editori*.

d'acqua fredda che lo condensa e fa abbassare lo stantuffo. Con sì fatto artificio si costruiscono tutte le macchine a vapore, e si fa oggi solcare alle navi le onde del mare a dispetto delle correnti, de' venti e delle calme.

396. L'acqua, come si converte in istato aeriforme, si riduce ancora allo stato di solidità per via del freddo, e piglia il nome di *ghiaccio*. In tale stato trovasi a' poli, sulla cima delle alte montagne e ad una elevazione nell'atmosfera, che va decrescendo dall'equatore a' poli, e chiamasi linea delle nevi perpetue (num. 206–7). Essa d'ordinario si congela a 0° C. se è pura, in quiete e a contatto dell'aria atmosferica. Ma se l'acqua è spogliata d'aria coll'ebullizione e difesa dal contatto dell'atmosfera, si congela gradatamente e può abbassarsi al disotto dello zero senza gelare. Blagden di fatto l'ha condotta sino a $-6^{\circ},16C.$, e Gay-Lussac a -12° col solo coprirne la superficie di un sottile strato di olio. E in generale ricercasi sempre una temperatura più bassa dello zero, quando l'acqua contiene sostanze straniere, non è al contatto dell'aria, e quando è in movimento.

397. Le parti dell'acqua che si gela si dispongono in forma di sottili aghi, che costituiscono angoli di 60° , o 30° , o di 120° , e talvolta in forma di prismi tetraedri terminati da piccole piramidi; e tutti questi aghi o forme cristalline si riuniscono insieme, componendo un unico strato, o una crosta. E come le particelle dell'acqua nel cristallizzare si avvicinano, discacciano l'aria, le cui bolle restando talvolta inceppate si manifestano a traverso del ghiaccio. Quando l'acqua è quieta e si congela lentamente per un

freddo non molto forte, si forma un ghiaccio omogeneo e diafano; ma quando la congelazione succede con rapidità o per un gran freddo, il ghiaccio è opaco, biancastro, sparso irregolarmente di asprezze sulla superficie, e dà a vedere qua e là delle bolle.

398. Basta richiamare le idee che si trovano già stabilite nel trattato del calorico, per conoscere la ragione delle circostanze or ora indicate, ch'han luogo nella congelazione dell'acqua. Poichè la congelazione non è altro che una sottrazione di calorico che mantenea mobili e slegate le particelle dell'acqua, le quali, sottratto il calorico, si avvicinano, si attraggono e pigliano la forma di cristalli. Però colla congelazione si svolge calorico; talvolta prima di nevicare si alza la temperatura dell'aria; e un picciol movimento¹²⁹ nell'acqua, come quello che facilita l'uscita al calorico, determina in un istante la congelazione. Per la stessa ragione del pari l'acqua che si gela va deponendo le parti straniere che contiene, e per via di replicate congelazioni si giunge a

¹²⁹Un movimento intestino, e non di traslazione delle particelle acquee, facilita il loro riconsolidamento: non saprei però se esso influisca a disperdere il calorico, o piuttosto se per quell'impulso le molecole, venendo tolte dallo stato d'inerzia, possono più facilmente prendere la posizione propria all'azione dell'affinità ed alla loro cristallizzazione o riunione in masse solide. — *Gli Editori.*

spogliarla eziandio dell'aria. La presenza di fatto de' sali o di altre sostanze eterogenee, come quelle che impediscono l'avvicinamento e l'attrazione delle particelle dell'acqua, ritardano la congelazione. E come queste particelle hanno bisogno di tempo per rivolgersi e disporsi in modo che le loro faccette più opportunamente si attraggano; così avviene che facendosi rapida e per un gran freddo la congelazione, il ghiaccio che ne risulta non è omogeneo, e aspro si mostra alla superficie, e sparso di bolle; anzi molto aspro e scabro ed irregolare ed impuro è sempre il ghiaccio de' fiumi, perchè proviene da acque che sporche sono di tante materie eterogenee che strascinano. Tutto ciò in somma che facilita o impedisce l'uscita del calorico, dell'aria e delle altre sostanze straniere all'acqua, ne affretta o ritarda la congelazione, perchè difficolta o favorisce l'attrazione e la disposizione delle particelle aquee. L'acqua di fatto ch'è sazia d'idroclorato di calce, resta liquida sino al grado -40° C.

399. Si è detto nel tomo I, num. 267, che l'acqua esposta all'azione del freddo si va sempre più condensando sino a 4° C., e che sotto di questo grado si va all'inverso dilatando sino alla congelazione. Di fatto il ghiaccio si mette a galla nell'acqua, come meno pesante; giacchè, secondo Mairan, l'acqua a zero aumenta gelando il suo volume di $1/14$, ma secondo che racchiude più o meno aria si amplia entro i limiti di $1/8$ e di $1/20$. Per lo che alcuni son d'avviso che l'acqua non potendo nel gelarsi discacciare tutta l'aria, quella che resta ne allontana le particelle e ne dilata il volume. Ma oggi si pensa comunemente dai fisici che

nell'acqua allo stato liquido le particelle sono le une rispetto alle altre diversamente poste che nell'acqua allo stato solido, e che la loro reciproca disposizione le stringe in tale stato ad occupare più spazio, che in quello di liquidità. Or si suppone che una sì fatta disposizione comincia ad esser sensibile sotto il grado quarto del termometro centigrado, mostrando nell'acqua ch'è ancor liquida le particelle una tendenza alla cristallizzazione. E come questa tendenza va crescendo come l'acqua va avvicinandosi allo zero; così va mancando la sua densità e si dilata del tutto quando le sue molecole pigliano quella rispettiva posizione che si conviene alla cristallizzazione¹³⁰.

400. Comunque sia, egli è certo che l'acqua si dilata riducendosi alla solidità, e dalla sua dilatazione nasce la gran forza espansiva che spiega contro gli ostacoli. È conosciuto da gran tempo che Buat avendo ghiacciato l'acqua di cui era pieno un cannone di ferro della grossezza di un pollice, lo trovò rotto in due luoghi dopo 12 ore per la congelazione dell'acqua. Nella stessa guisa venne in Firenze schiantato un globo metallico così resistente, ch'era necessaria una forza eguale a 27720 libbre per poterlo rompere. Dopo di che non è più da maravigliare se l'acqua introdotta nelle fessure delle pietre, gelando le giunge a rompere,

¹³⁰Una volta però che l'acqua sia ridotta in ghiaccio segue la legge degli altri corpi, diminuendo di volume a misura che viene raffreddata. — *Gli Editori*.

e che gran guasto rechino i geli alle piante ed agli alberi quando ghiacciano i sughi ed umori ne' vasellini delle loro radici e de' loro rami. Che se talora ritrovansi verdeggianti l'erbe sotto la neve, ciò addiviene dal calorico della terra, che spargendosi per la superficie liquefà la neve, e somministra nutrimento a quell'erbe, e ne mantiene libera e facile la circolazione.

401. Il ghiaccio si addensa a tal segno che se ne formano delle lenti ustorie, e sappiamo, per la descrizione di Krafft, che nel 1740 si costrusse a Pietroburgo un magnifico palazzo di ghiaccio, che era difeso da sei cannoni parimente di ghiaccio, i quali senza rompersi scagliavano con tal forza una palla sospinta da dodici once di polvere, che alla distanza di 60 piedi traforava una tavola della grossezza di due pollici. Ma il ghiaccio medesimo così addensato, noi abbiamo dimostrato, trattando del calorico, che manda de' vapori, ed ora dobbiamo notare che le gran masse di ghiaccio che si sciolgono nel tempo di state, danno origine a' gran fiumi. Per lo che dallo stato solido passa a quello di liquido, e da questo si alza in vapori nell'atmosfera, donde di nuovo precipita e ritorna in pioggia. Scorre allora a traverso le terre, e sciogliendo varie sostanze forma i depositi calcari sulla superficie della terra, le stalattiti nelle grotte, e qua e là gli strati di sal marino, di solfato di calce, e tanti altri strati di minerali. Traversando in fine le terre si rauna nelle gran caverne sotterranee, dalle quali esce per formare le polle, i fiumi, il mare, e per somministrarci, secondo le materie che seco porta, le scaturigini delle acque dolci e minerali. Per lo che è fuor di ogni dubbio non esser l'acqua del

mare, come una volta sognavasi, ma quella delle piogge e delle nevi, l'origine delle sorgenti, delle polle e dei rivi da cui si formano talvolta delle cascate.

CAPO II. — DELL'ACQUA CHE SGORGA DA' VASI.

402. Essendo l'acqua necessaria alla vita degli animali ed alla nutrizione de' vegetabili, e tanto utile al progresso delle arti, al commercio e agli usi del viver socievole, stimiamo cosa ottimamente fatta, dopo averne dichiarata la natura e le proprietà in tutti gli stati in cui si manifesta, considerarne i movimenti, e ricavar le leggi giusta le quali sgorga essa da' vasi, o scorre pe' condotti e pe' canali¹³¹.

¹³¹A dichiarare compiutamente le proprietà meccaniche dell'acqua e quindi dei liquidi in generale, sarebbe mestieri l'estendere un trattato apposito per questo ramo importante delle scienze fisico-matematiche. Per meglio comprendere quanto qui si è proposto l'Autore, diremo che chiamasi *idrostatica* quella scienza che si occupa dello studio dei fenomeni dipendenti dall'acqua e in generale dai liquidi in quiete; mentre appellasi *idrodinamica* l'altra che ha per oggetto di stabilire i principj e le leggi del moto dei liquidi. L'*idraulica* poi applica quelle cognizioni e questi principj, e le leggi stabilite nell'idrodinamica, alla condotta delle acque per regolare il corso dei torrenti e dei fiumi, per derivarle cogli acquedotti

Esperimento I.

Posto il vaso *ABCD* (fig. 102), ch'è pieno di acqua, in una posizione orizzontale, ove si aprono le luci d'egual diametro *G*, *H*, *D*, le prime due nel fondo e la terza laterale, si osserva che da ciascuna di queste tre luci sgorga nel medesimo tempo un'egual quantità di acqua.

403. A dichiarar questo esperimento si suppone che la superficie dell'acqua nell'uscire da quelle luci si conserva orizzontale sino che giunge ad una distanza piccolissima dal fondo, la quale supposizione è confermata dall'osservazione: giacchè si vede che nel vuotarsi il vaso, la superficie dell'acqua si abbassa e si mantiene sensibilmente orizzontale e parallela a sè stessa. E però le particelle dell'acqua in ciascuno strato hanno la medesima celebrità, senza che non potrebbe ciascuno strato essere orizzontale e parallelo a sè stesso. Ora questa velocità viene dalla pressione, o sia dalla gravità del liquido soprastante, al par di quella che viene

e coi canali, e condurle a profitto dell'agricoltura per mezzo dell'irrigazione, e a comodo del commercio mediante la navigazione, e infine di farle servire di forze motrici nelle macchine destinate a vantaggio delle arti e dell'industria. Dell'idrostatica l'Autore si occupa nel tomo primo della Fisica generale, pag. 141 e seguenti; e nei capi seguenti di questo volume parla degli altri due rami del trattato delle acque.

— *Gli Editori.*

ad acquistare un corpo cadendo liberamente dall'alto, la quale nasce certamente dalla gravità. E come la velocità che acquista un corpo che cade liberamente, è, giusta le cose dichiarate nella *Fisica generale*, come la radice quadra dell'altezza da cui è disceso; così la velocità dell'acqua che sgorga da ciascuna delle tre luci è come la radice dell'altezza del liquido¹³². Posti dunque luci di egual diametro e lo stesso livello dell'acqua, le quantità che ne sgorgano in tempi eguali, sono eguali, perchè eguali sono le velocità con che sgorga l'acqua da quelle tre luci. Solamente è da avvertire che quando la luce è laterale, come in *D*, la velocità delle particelle nel piano orizzontale, che passa pel centro del

¹³²Siccome le molecole liquide, che sgorgano dai fori praticati nei vasi a pareti sottili, prendono una velocità eguale a quella che acquisterebbero cadendo dall'altezza del livello del liquido sull'orifizio; così si dice la loro velocità essere debita all'altezza medesima, e per conseguenza, secondo la dottrina della caduta dei gravi, proporzionale alla radice quadrata della stessa altezza. In ciò consiste il teorema di Torricelli, per cui la velocità non dipende dalla natura del liquido, sapendo che i corpi cadono dall'alto coll'egual prestezza, qualunque sia la loro massa; e il mercurio e l'acqua, sotto parità di circostanze, sgorgheranno quindi coll'eguale velocità. — *Gli Editori.*

foro, è proporzionale alla radice quadrata della sua distanza verticale dalla parte superiore, o dal livello superiore dell'acqua nel vaso.

404. Per calcolare adunque la velocità delle particelle dell'acqua che sgorga, è da ricordare che i gravi percorrono 16 piedi inglesi = 4^m,9 nel primo minuto secondo della loro caduta, e che cadendo acquistano una velocità doppia di questa altezza, ch'è espressa da 9^m,8 per secondo. Ciò posto, si tenga l'altezza el liquido nel vaso per 1^m, si avrà la proporzione $\sqrt{4^m,9} : \sqrt{1^m} :: 9^m,8 : v$ = 4^m,43 in circa.

Sapendosi adunque valutare questa velocità, è facile di conoscere, ove in due vasi le luci sono eguali e le altezze ineguali, quale sia la velocità dell'acqua che sgorga dall'uno e dall'altro vaso, e in quale rapporto stian tra loro le velocità.

Esperimento II.

Posti vasi di egual diametro ed altezza, che sono pieni di acqua, ma che hanno ineguali i diametri dei fori cavati a' loro fondi, si vuoteranno in tempi ineguali, che sono in ragione inversa de' diametri de' fori medesimi.

405. La ragione di tale esperimento si palesa agli occhi di tutti; poichè poste eguali le velocità delle particelle aquee che sgorgano perchè eguale si suppone l'altezza dell'acqua, e poste eguali le quantità dell'acqua ne' due vasi perchè eguali sono i loro diametri, altra differenza non vi ha se non quella che viene dall'inequale ampiezza de' fori, e ciascun si persuade che maggiore è la

quantità dell'acqua che sgorga nel medesimo tempo dal foro che ha il diametro più grande. E però prima si evacuerà il vaso che ha nel fondo un foro di un diametro maggiore, e più tardo l'altro che ha un minore diametro, e i tempi saranno in ragione inversa de' diametri de' fori¹³³.

Esperimento III.

Posti i due vasi cilindrici ineguali $ABCD$ (*fig.* 99), $ABCD$ (*fig.* 103), che hanno altezze eguali ed eguale il diametro de' loro lumi, questi due vasi si vuoteranno in tempi ineguali, e che sono come le loro basi CD , CD .

406. Non vi ha dubbio che le due colonne eguali in altezza, che sgorgano per i due lumi eguali in E e in cd , scorrono in tempi

¹³³Chiamando Q, q le quantità d'acqua erogate ne' tempi T, t da due vasi per fori, le cui aree rispettive sono espresse da F, f ; e dove il liquido ha l'altezza A, a , si dimostra aver luogo la proporzione: $Q:q :: FT\sqrt{A}:ft\sqrt{a}$. Ed essendo le aree circolari, esse stanno come i quadrati D^2, d^2 dei loro diametri, ed allora si ha $Q:q :: D^2T\sqrt{A}:d^2t\sqrt{a}$. Dalla quale proporzione, nel caso di $Q = q, A = a$, come è supposto dall'Autore, si ottiene $D^2T = d^2t$, e quindi $T:t :: d^2:D^2$; cioè i tempi dello scolo sono in ragione inversa de' quadrati dei diametri de' forami e non de' semplici diametri, come asserisce l'Autore.
— *Gli Editori.*

eguali. La differenza adunque potrebbe nascere dal numero differente delle eguali colonne nell'uno e nell'altro vaso. E come il numero di queste colonne è nell'uno e nell'altro vaso nel rapporto de' loro diametri; così i tempi in cui si vuoteranno saranno proporzionali al numero delle rispettive colonne eguali, o sia ai loro diametri¹³⁴.

407. I tempi adunque in cui de' vasi cilindrici si vuotano, sono nella ragion composta delle basi, delle aree delle luci e delle radici quadrate delle altezze¹³⁵.

¹³⁴Ritenendo le denominazioni assunte nella nota al precedente paragrafo, e chiamando L , l i diametri delle superficie ineguali dei due vasi cilindrici, le quantità Q , q di liquido in essi contenuto saranno: $Q = \frac{\pi L^2 A}{4}$; $Q = \frac{\pi L^2 a}{4}$. Si avrà quindi $\frac{\pi L^2 A}{4} : \frac{\pi l^2 a}{4} :: D^2 T \sqrt{A} : d^2 t \sqrt{a}$.

E siccome nello sperimento III del testo è $A = a$, $D = d$; così si ha $T:t :: L^2:l^2$; cioè i tempi che impiegano i due vasi a vuotarsi sono in ragione dei quadrati dei diametri de' vasi medesimi, e non come i semplici diametri, come suppone l'Autore. — *Gli Editori*.

¹³⁵I tempi dunque sono infatti in ragione composta diretta delle basi (giacchè queste stanno come i quadrati dei diametri de' vasi) e delle radici quadrate delle altezze del liquido nei medesimi, ed inversa delle aree delle luci o dei forami, le quali

408. Replicando degli altri simili esperimenti, si può conoscere il rapporto che hanno tra loro le quantità d'acqua che sgorgano nello stesso tempo in vasi differenti. Per altro è chiaro da sè che posti tempi eguali e luci eguali, il rapporto della quantità dell'acqua, o, come chiamasi, della *portata*, sarà quello delle celerità, o sia delle radici delle altezze dell'acqua. Così essendo in un vaso l'altezza di 4 metri, e nell'altro di 1, le portate saranno nel rapporto di 2:1; ossia nel medesimo tempo un vaso ci darà una quantità doppia di quella che ci fornirà l'altro. Per lo che se in più vasi si tiene il livello costante, e le altezze sono 1. 4. 9. ec., le portate, essendo i piccoli fori eguali, saranno 1. 2. 3. ec.

Egli è del pari evidente, ch'essendo eguali le altezze dell'acqua in più vasi, le portate nel medesimo tempo saranno in ragione delle aree de' lumi. Per lo che se queste sono, come 2:1, le portate saranno parimente come 2:1.

Finalmente, poste luci ineguali, ed ineguali altezze dell'acqua o di altro liquido in più vasi, le portate sono nella ragion composta delle aree de' lumi e delle radici quadre delle altezze.

409. Nel caso che si voglia sapere la quantità dell'acqua che scorre in un dato tempo da un vaso, allora è da valutarsi prima la velocità v dell'acqua, come si è detto nel num. 404, e misurarsi l'area a del lume, e si avrà la portata $p = va$ per un secondo. Sia

stanno come i quadrati dei loro rispettivi diametri. — *Gli Editori.*

l'altezza dell'acqua 1^m, la velocità sarà = 443 centimetri per secondo; e sia l'aria del foro 4 centimetri quadrati, allora la portata in 1" sarà = 1772 centimetri cubi d'acqua. Dopo di che altro non resta a fare che replicare questa portata, che ha luogo nell'unità di un secondo per il tempo dato.

410. Ma è da osservare in prima che la teorica suppone piccolissimo il foro, ed in pratica si reputa come tale, se il rapporto dell'area del foro al fondo non oltrepassi quello di 1:20. È di necessità che l'area del foro mantenga questo rapporto, perchè la teorica ha ricavato la velocità delle particelle sgorganti dalla pressione della colonna liquida che soprastra all'area del forame. Ora se l'area della luce sia molto ampia, può avvenire che la massa sgorgante si muova anche indipendentemente da ogni impulso superiore, e unicamente in virtù della propria gravità, come un corpo staccato. Per lo che gl'idraulici nel caso di orifizi molto ampj han ricorso a diverse ipotesi che dipendono da particolari esperimenti, e che ricercano delle formule che sono assai intricate (V. Bossut nel cap. 4 e 5 della sua *Idrodinamica*, e il lib. 5 del *Trattato di Meccanica* del Poisson).

411. Ma ancorchè si mandino ad effetto gli esperimenti con aree di luci che non oltrepassano l'indicato rapporto; pure si trova, quando si voglion calcolare le portate, una differenza tra le quantità calcolate, e quelle che ci fornisce il fatto e l'esperienza. Per conoscere donde provenga la ragione di sì fatta differenza, è da sapere che molte sono le resistenze, e molte le forze che, operando in verso contrario, per lo più distruggono una parte

dell'effetto totale, e possono eziandio alcuna volta annullarlo. Basta a provar ciò di qui recare, lasciando per ora tutte le altre, la resistenza che nasce dalla sola mobilità delle particelle aquee, e in generale dei liquidi.

Esperimento IV.

Se in un vaso di vetro pieno d'acqua, che ha nel fondo un foro circolare, s'introducono delle particelle finissime di cera-lacca, ove l'acqua comincia a sgorgare, si osserva che tutte quelle particelle, le quali sono sospese nell'acqua, prima di giungere al fondo si muovono tutte più o meno obbliquamente verso il centro del foro, come si può osservare nella *fig.* 97. Che se il foro non è posto sul fondo ma lateralmente, si vedrà che le particelle dell'acqua, tanto quelle che stan sopra, quanto le altre di sotto, si muovono per direzioni obblique verso l'apertura del foro.

412. Osservando attentamente questi fenomeni nello sgorgamento dell'acqua, si vede che quando il foro è posto nel fondo, il liquido prima di giungerlo si conforma ad imbuto, la cui punta corrisponde al centro del foro, e la cui concavità si va di più in più ad aggrandire sino alla totale evacuazione del vaso. Anzi se il vaso è conico, e la superficie più stretta, le serve di fondo, l'imbuto si manifesta all'istante che comincia lo sgorgamento. Ma qualunque sia la forma del vaso, se l'acqua, prima di cominciare a scorrere, si agita, l'imbuto del pari si manifesterà subito, come si può osservare nella *fig.* 98. Solamente non ha luogo la forma d'imbuto quando la luce è laterale; perciocchè allora la superficie dell'acqua sta sottoposta solo ad uno sviamento dal foro.

Esperimento V.

Quando il fondo o la parete del vaso è formata da una sottile lamina di metallo, ed il foro praticato in tal fondo o in tal parete è netto, si osserva che sgorgandone l'acqua, la sua vena non riempie tutta l'area del lume, e 'l diametro di questa vena si va di più in più impicciolendo a misura che giunge verso il foro ad una distanza, ch'è quasi la metà del diametro del foro stesso.

413. Questo esperimento si spiega e piglia sua ragione dall'altro che precede. Siccome le particelle aquee avvicinandosi al fondo prendono de' movimenti obbliqui, e convergono con direzioni parte diverse e parte contrarie verso il foro; così si affollano, mutuamente s'impediscono, e ritardano la loro velocità. È tanta e tale la calca delle particelle che concorrono verso il medesimo punto, che tante volte continuano a convergere verso il centro della luce, dopo che l'hanno già oltrepassato, il che produce lo stesso effetto come se una parte del foro fosse turata. Proviene da ciò che la vena o getto dell'acqua sgorgante si ristrigne, fenomeno che si chiama la *contrazione della vena fluida*. Or questo ristignimento di vena diminuisce la quantità dell'acqua ch' esce, e la portata effettiva sta a quella calcolata dalla teorica, giusta l'esperienze del Bossut, :: 5:8.

414. Ma sebbene il diametro del getto si riduce al *minimum* ad una distanza eguale alla metà del diametro del foro; pure la celebrità delle particelle nel partirsi dal foro si accresce, e giunge poi quasi a quella che detta la teorica giusta la legge della caduta dei

gravi (n. 403); di modo che là dove il diametro della vena è minimo, ripiglia quasi intera la sua velocità, perchè viene là a finire l'azione di tutti que' movimenti interiori ed obbliqui, che avean preso le particelle dell'acqua prima di uscire dal foro.

415. A questa resistenza, che proviene dalla mobilità delle particelle aquee, si può aggiugnere la forza con che aderiscono queste tra loro, e più di ogni altro la resistenza dell'aria che le ritarda e devia. Si è quindi pensato diminuire gli effetti di tali resistenze, e principalmente quella che nasce dalla contrazione della vena per mezzo de' *tubi* che chiamansi *addizionali*, i quali accrescono più o meno la portata secondo la loro forma, lunghezza e posizione.

416. Si è osservato che quando si adatta all'apertura del vaso un tubo cilindrico, la cui lunghezza rispetto al diametro della sua ampiezza non oltrepassa giusta il Michelotti il rapporto di 5:2, l'acqua esce a tubo pieno, ed ha una portata più grande, che prima non avea quando sgorgava dal semplice lume disarmato del tubo. A comprender la ragione di un sì fatto aumento, è da riflettere che l'acqua passando contratta dal vaso nel tubo sente la resistenza dell'aria che la ritarda; donde viene che si allarghi e tocchi le pareti del tubo cui aderisce. Forzate così le particelle dell'acqua a radere quelle pareti, descrivono delle linee parallele, la cui direzione si comunica, per la continuità della vena aquea, sino alle molecole che stansi nell'interno del vaso e vicino al foro, le quali vengono perciò a prendere movimenti meno obbliqui, e quindi a contrarsi di meno. Per lo che la portata dell'acqua

coll'ajuto del tubo viene ad accrescersi sopra quella che prima dal lume disarmato otteneasi. Quest'aumento può farsi più grande se il tubo si va in fuori slargando, perchè le direzioni delle particelle dell'acqua divenendo divergenti nel tubo, si mettono in verso opposto (num. 412) a quelle che producono la contrazione della vena, e diminuiscono vieppiù l'obblività degl'interni movimenti dell'acqua nel vaso. Or la portata quando il tubo è cilindrico si è trovata rispetto a quella del foro disarmato :: 13:10. Di modo che essendo la portata senza il tubo $\frac{5}{8}av$, (num. 413), diviene col tubo $\frac{13}{10} \cdot \frac{5}{8}av = \frac{13}{16}av$, e cresce di più quando il tubo si va slargando al di fuori.

417. Ma quando il tubo cilindrico (*fig.* 104) è lungo, ed è inclinato o verticale al di sotto del centro del foro, allora tra le parti inferiori e superiori della colonna liquida succede una maniera di compensamento. Poichè le parti inferiori, come quelle che acquistano celerità per la loro gravità, si strascinano le superiori, e queste che sono più lente ritardano le inferiori; e così ha luogo una velocità media per la lunghezza del tubo che accresce la quantità della portata. Ma avvi un punto oltre il quale comincia la portata a decrescere per ragione dello strofinio, che oppone una resistenza all'acqua che scorre. È questa la ragione per cui il tubo alquanto s'inclina, affinchè distrutta la successiva accelerazione, che si va facendo per l'inclinazione, dallo strofinio, si conservi costante la quantità dell'acqua che sgorga, o sia la portata. Di fatto quando il tubo è orizzontale, lo strofinio ritarda tanto la

velocità dell'acqua, che questa viene a scorrere in una quantità piccolissima. Ed in generale si può affermare che i tubi di un piccolo diametro a cagione dello strofinio diminuiscono, più che quelli di gran diametro, la portata. Imperocchè la resistenza proveniente dallo strofinio ritarda più d'ogni altro le particelle dell'acqua che toccano le pareti, e questa resistenza va decrescendo dalla circonferenza al centro. Or egli è chiaro che quanto più grande è il diametro, tanto meno il ritardo cagionato dallo strofinio si propaga alle particelle dell'acqua che stansi nel centro. Il contrario poi succede quando il diametro del tubo è piccolo; perchè in tal caso il ritardo giunge sino alle parti centrali, e loro scema la velocità. Però ne' tubi di piccol diametro tutte le particelle della colonna liquida sono più o meno ritardate, e in quelli di gran diametro son rallentate più o meno solamente le particelle vicine alle pareti, e le altre di mezzo conservano la loro naturale velocità.

418. Queste nozioni si possono applicare benissimo alle acque zampillanti in alto colla guida del principio già stabilito nel num. 403. Si conosce per la caduta verticale de' gravi, che un corpo cadendo da un'altezza, colla velocità acquistata in seguito della caduta può risalire ad un'altezza eguale a quella da cui è caduto. L'acqua adunque nello spicciar dal foro è fornita di una velocità tale, che in virtù di essa può risalire ad un'altezza eguale a quella del suo livello nel vaso, o sia a quella da cui è discesa nello sgorgare. Per lo che l'acqua che sgorga da *G* (*fig.* 104) potrebbe salire, in virtù della velocità acquistata cadendo da *AG*,

ad un'altezza eguale a GA . Supponendosi adunque il vaso AB costantemente pieno, dal cui fondo G esca l'acqua per muoversi sul piano inclinato GM , se dallo sbocco o punto estremo M si conduca l'orizzontale MP sino al prolungamento della verticale AG , sarà $AP = MN$ la vera altezza del livello dell'acqua sul punto M da cui zampilla, e l'altezza GA si potrà chiamare *carico d'acqua*.

419. Ma varj ostacoli si oppongono a tale altezza teorica del getto di acqua, e tra questi il primo è quello che sorge dalla resistenza dell'aria: giacchè, siccome abbiamo in altro luogo dichiarato, una tale resistenza è proporzionale al quadrato della velocità con che in alto si lancia la vena dell'acqua. Per lo che viene questa pel ritardo a gonfiare, e le sue particelle superiori, ritardate come sono, cadono e pesano sulle inferiori e le rallentano; sicchè al primo ostacolo, ch'è la resistenza dell'aria, un secondo se ne aggiunge, che proviene dalle particelle aquee che ricadono e urtano direttamente le altre che si alzano. E ciò è tanto vero, che basta inclinare un poco il getto dell'acqua, affinchè questa più alto si levi, che non facea quando si alzava per la verticale; o pure basta chiudere per alcun poco l'apertura, perchè si vegga, nei momento che il tubo si stura, l'acqua più alto lanciarsi, e poi venirsi ad abbassare, per cagione di quelle particelle che ricadendo la ritardano. Non è in fine da preterire la resistenza e 'l ritardo che nasce dallo strofinio delle particelle delle acque contro le pareti del tubo. Per lo che Mariotte stabilì una tavola, con cui determinò l'altezza che conviene dare all'acqua, affinchè si potesse ottenere una determinata elevazione a' zampilli o getti.

Così volendo uno zampillo che si alzi a cinque piedi, vide che l'acqua dovea sortir nella conserva l'altezza di cinque piedi ed un pollice, e ad uno zampillo di 10 o 15 piedi dovea corrispondere un'altezza nella conserva di 10 piedi e 4 poll., o 15 piedi e 9 pollici; di modo che l'acqua nella conserva dovea essere più alta dello zampillo per un numero di pollici, che è il quadrato del numero delle volte che 5 piedi entrano nell'altezza che si desidera nello zampillo. In 10 piedi questo numero è 2, il cui quadrato dà 4 pollici, e in 15 è 3, il cui quadrato è 9 pollici. In questo modo tenendosi la quantità di 5 piedi = 1, le differenze tra l'altezza dalle conserve e de' getti sono come i quadrati delle altezze de' getti.

420. Se alcuno voglia qui richiamare le leggi da noi esposte intorno al movimento de' progetti, conoscerà benissimo che le particelle aquee sospinte per varj fori, che sono a diverse altezze, così nel vaso piccolo *DC*, come nel più grande *AB* (*fig.* 104), nello sgorgare descrivono delle curve paraboliche, che non sono sensibilmente alterate dalla resistenza dell'aria, a cagione che fornite sono di una velocità non grande, perchè piccola è l'altezza dalla quale discendono. Potrà inoltre chiunque ravvisare che l'acqua la quale spiccia da *E*, occupando il mezzo dell'altezza *AG* del recipiente, descrive la parabola *EF*, che ha la massima ampiezza *GF*, ch'eguaglia l'altezza *AG* del vaso. Di leggieri in fine si comprende che l'acqua sospinta nello sgorgare da' punti *K*, *L*, che sono ad egual distanza dal punto *E*, descriverà le due curve paraboliche *KO*, *LO*, che fornite sono dell'eguale ampiezza

GO¹³⁶.

421. Non ci resta dopo tutto ciò che a fare un cenno semplicissimo delle *clepsidre*, o sia orologi ad acqua, che mettano in opera gli antichi per computare le ore. A comprendere in che modo esse si costruivano e poteano all'uso servire, cui erano destinate, è da considerare che ove un vaso non si tenga costantemente pieno di acqua, si andrà vuotando con un movimento uniformemente ritardato. Poichè essendo le velocità (n. 403) come le radici delle altezze, a misura che l'acqua si va abbassando nel

¹³⁶Se a diverse distanze dal livello superiore del liquido d'un vaso mantenuto costantemente pieno, si apriranno nella parete *AG* dei fori, la velocità dell'acqua fluente da ciascuno dei medesimi è in ragione della radice quadrata della distanza rispettiva. E perciò le ampiezze del getto per quei fori andranno crescendo a misura che aumenta la distanza dal livello superiore, o che il foro si avvicina al fondo del vaso. Le estremità di quelle ampiezze formano una curva parabolica, le cui ascisse esprimono le altezze del liquido sul foro, e le ordinate i rapporti delle velocità; poichè nella parabola le ascisse sono come i quadrati delle ordinate, e quindi le ordinate come le radici delle ascisse che esprimono le altezze del liquido. Lo spazio parabolico compreso da quella curva e dall'altezza *AG* del liquido, è ciò che chiamasi la *scala delle velocità relative* del liquido che fluisce. — *Gli Editori*.

vaso, va decrescendo la velocità dell'acqua che sgorga. E come le velocità vanno uniformemente decrescendo; così l'acqua va spicciando con movimento uniformemente ritardato, e nella stessa ragione van diminuendo le portate dell'acqua in tempi eguali. Queste adunque debbono decrescere in ciascuna unità di tempo in una serie di numeri impari, e tutte insieme debbono formare, come nel moto uniformemente ritardato, un numero che rappresenta il quadrato de' tempi o delle velocità. Per lo che a misurare dodici ore coll'acqua che spiccia da un vaso che ha la forma di un cilindro o di un prisma verticale, è da dividersi l'altezza del vaso in parti 144, ch'è il quadrato di 12, e poi da ritrarsi da sì fatto quadrato la serie de' numeri impari, il cui ultimo termine sia =1. Di fatto pigliando il doppio delle ore, e formando la serie di dodici termini, o sia numeri impari 23. 21. 19 ec. 1, si avrà la discesa del fluido in ciascuna ora. Conosciuto adunque il tempo tutto in cui il vaso si vuota, si può dalle leggi del moto ritardato immantinente cavare l'altezza da cui l'acqua discende nel vaso in ciascuna unità di tempo, e quindi la quantità dell'acqua che esce in ogni unità, e dimostrare che il tempo in cui il vaso si vuota è doppio di quello che sarebbe necessario per uscire la medesima quantità di acqua se il vaso fosse stato tenuto costantemente pieno allo stesso livello, ec. ec.

CAPO III. — DEL MOVIMENTO DELL'ACQUA NE' CONDOTTI E NE' CANALI.

422. Quando i tubi per i quali scorre l'acqua sono lunghi, chiamansi *condotti*, e moltiplicandosi in questi a cagione della lunghezza le resistenze, viene a diminuirsi di più la velocità e la portata delle acque. Egli è vero che il calcolo non ha saputo sinora stabilire una legge costante secondo cui va di continuo menomando la loro velocità; ma dall'esperienza risulta che decresca forse nella ragione inversa della radice quadrata della lunghezza del tubo¹³⁷. Di modo che le quantità di acqua sgorgata in tempi

¹³⁷La velocità dei liquidi che scorrono pei tubi orizzontali, decresce nella *ragione diretta* di una funzione della lunghezza, e non nell'*inversa*. Che se il tubo è inclinato verso il basso, il calcolo mostra che vi ha un angolo d'inclinazione sotto il quale la velocità del liquido fluente non dipende dalla lunghezza del tubo; e si ha la stessa velocità e la stessa portata, comunque il tubo si allunghi o s'accorci. Perciocchè in questo caso la resistenza distrugge ad ogni istante l'aumento di velocità che tende a produrre la forza acceleratrice, la cui azione viene prolungata coll'allungare il tubo; onde la velocità si mantiene costante. Ma se il tubo è meno declive, od inclinato sotto un angolo minore, la velocità scema quanto più si allunga il tubo; quando invece la velocità cresce col prolungamento del tubo, se questo è declive sotto un angolo maggiore di

eguali da uno stesso condotto orizzontale sotto una stessa altezza di conserva, ma a diversa distanza dall'orifizio di uscita della conserva, sono tra loro prossimamente in ragione reciproca sudduplicata di questa distanza. Ma l'esperienza stessa viene meno nel determinar questa legge, ancorchè sia di approssimazione, quando i condotti sono molto stretti o curvilinei, e degli angoli abbiano stretti o acuti; perciocchè in tutti questi casi si aumentano di più le resistenze provenienti dagli attriti, nè raccogliersi si possono sotto una forma costante e generale. Diverso è in fatti l'effetto che producono le stesse sinuosità de' condotti ove sono in un piano orizzontale o verticale. Nella *fig.* 100 sulle sommità *a*, *b*, ec., delle curvature del condotto si accumula e rinserra una quantità d'aria che rompe la continuità della colonna, e le impedisce, non ostante la pressione dell'acqua superiore, il progredire più oltre. A toglier quindi un tale impedimento, ch'è molto grave e proviene dalle sinuosità verticali, si sogliono fare degli sfiatatoi o spiragli nelle sommità convesse o angoli superiori de' condotti per dare uscita all'aria (Vedi il tomo II dell'*Idrodinamica* del Bossut).

423. Un condotto aperto alla parte superiore, o almeno che abbia la sua parte superiore molto distante dall'acqua che scorre, si dice *canale*. Ma i tubi o condotti, come quelli che colla conserva

quello che rendeva costante la velocità. — *Gli Editori.*

o recipiente formano, dirò così, un unico vaso, conferiscono, siccome abbiamo veduto, a modificare la portata delle conserve; là dove niente influir vi possono i canali. Poichè questi non sono ad altro destinati che a trasportar le acque da un luogo ad un altro, dopo che sono uscite dalle conserve o recipienti. E però qualunque sieno i ritardi che incontra l'acqua nello scorrere per i canali, sempre ne esce in quella quantità che ci è stata introdotta. Però i tubi di condotta si sogliono adoperare per le piccole, e i canali per le gran distanze. Ora un canale può essere orizzontale o inclinato, e più o meno largo, più o meno tortuoso, che sono tutte circostanze le quali più o meno influir possono ad alterare la velocità dell'acqua che lungo gli scorre.

424. Sia un canale prismatico rettangolare che è disposto orizzontalmente, come si vede nella *fig.* 101, e comunichi direttamente con un recipiente in cui l'acqua si mantiene costante allo stesso livello. Non vi ha dubbio che l'acqua scorrendo per questo canale, se non soffrisse degli attriti, si muoverebbe equabilmente colla stessa velocità di che era fornita all'uscir del recipiente, ed orizzontale manterrebbe la sua superficie lungo tutto il canale. Ma per lo strofinio del fondo e delle pareti l'acqua nel camminare va perdendo sempre più velocità, di modo che le particelle anteriori della massa aquea van sempre più ritardando, e col loro ritardo impediscono ed arrestano le altre particelle che le stanno dietro. E però l'acqua si accumula nel canale, ed a qualche distanza dalla conserva si va innalzando, come si osserva nella *figura*; ma questa elevazione cresce sino ad un certo punto, e poi

declina a cagione dell'accelerazione che prende l'acqua all'estremità, in cui inclinando si volge e pende all'ingiù. Conosciuta quindi la quantità dell'acqua ch' esce dalla conserva e s'introduce nel canale, si può dare al fondo del canale una piccola inclinazione, affinchè l'aumento della celerità, che produce nella colonna dell'acqua quella inclinazione, si equilibri colla resistenza dell'attrito, e l'acqua scorrendo pel canale conservi costante la sua celerità e 'l suo livello.

425. Ma perchè meglio si conoscano le vicende cui sta sottoposta la velocità e 'l movimento dell'acqua che scorre pe' canali, è da premettere che in ciascuna sezione del canale, ch'è formata da un piano normale al fondo ed alle sponde, deve sempre passare (num. 423) nel medesimo tempo la medesima quantità di acqua, qualunque sia la velocità che può per le diverse circostanze sortire. Posto quindi un sì fatto principio, egli è chiaro che là dove il canale si allarga o si restringe, manca o cresce in proporzione la velocità, e si abbassa o rialza la superficie dell'acqua; giacchè restando sempre la medesima quantità d'acqua, collo slargarsi del canale si slarga la massa dell'acqua, si diminuisce quindi la sua altezza, e con questa la sua velocità; là dove il contrario succede quando il canale si restringe. E però come di mano in mano va alternando lo slargamento e 'l ristriccimento del canale, va del pari facendosi meno o più l'altezza dell'acqua e la sua velocità.

426. Ma sebbene il canale conservi sempre la stessa ampiezza, pure la velocità non si trova eguale in tutti i punti di una sezione,

ma varia a diverse altezze dal fondo. Poichè le resistenze che incontra l'acqua al fondo e nelle sponde del canale, e le altre che prova dalla parte dell'aria alla sua superficie, fan sì che la velocità della corrente sia diminuita al fondo, a' lati e in alto alla superficie. Di fatto si osserva che la massima celerità della corrente ha luogo alcuni pollici sotto la superficie, perchè sino a quel punto non giunge l'effetto delle resistenze. Ciò, oltre manifestarsi a chiunque guarda attento l'acqua che scorre in un canale, si mostra coll'ajuto di due globetti di cera legati tra loro, l'uno de' quali galleggia a fior d'acqua, e l'altro che, fatto più grave, profonda alquanto sotto la superficie; poichè il globetto profundato va, come più celere, sempre avanti dell'altro. Nasce da ciò, che il mezzo della corrente, che chiamasi il *filone*, deve esser fornito di una velocità più grande, che non hanno le altre parti della corrente medesima. Per lo che le particelle dell'acqua laterali, che sono più lente, sdruciolano verso il filone, e questo innalzandosi dà in alcuni canali a vedere convessa la superficie della corrente. Questo fenomeno si vede principalmente in quei canali e fiumi le cui sponde sono larghe ed inclinate; perciocchè in tal caso le particelle laterali si rallentano d'assai in riguardo al filone. Giacchè la resistenza che incontra l'acqua laterale sulle sponde cresce, come cresce la superficie strofinante, e come dicresce l'altezza dell'acqua laterale sulla sponda. Ne' fiumi di fatto, in quei punti in cui la ripa è assai larga e spianata, la velocità delle acque verso gli orli delle sponde si vede per poco o nulla, e dalla differenza di velocità tra l'acqua laterale e quella di mezzo risulta una

sensibile convessità nella superficie della corrente.

427. Da questa ineguale velocità che han le acque in movimento, proviene la difficoltà che s'incontra nel distribuire le acque che scorrono ne' canali. Per lo che si è immaginato, per poterle con giustezza distribuire, di ridurle prima in un recipiente in cui vengano a perdere ogni movimento, o pure di opporre all'acqua corrente un piano di legno o di altra materia in cui vi sieno a diverse altezze cavati de' fori circolari, per i quali sgorga l'acqua con una costante celerità.

418. Chiunque può ora comprendere perchè gl'idraulici a misurare le portate (num. 408) de' fiumi o de' gran canali in istato di permanenza, abbian cercato di esplorare la loro media celerità. A ciò fare hanno essi posto in opera diverse macchine per calcolare il rapporto delle celerità dell'acqua a diversi punti e a diverse altezze e in varj luoghi, e cavarne poi le celerità assolute ed effettive, per trar da queste in fine la media. Ma questo metodo, che detta la teorica, non riesce esatto nella pratica; perchè quelle macchine che sono destinate ad esplorare i rapporti delle velocità, riescono inesatte e talvolta anche erronee, massime quando le correnti sono molto impetuose. Invano la teorica ha posto avanti i suoi calcoli per condurre a computo la media velocità; giacchè non avendo saputo raccogliere tutti gli elementi che sfuggono alle formule algebrache, e da' quali una sì fatta velocità risulta, altro non ha dato a vedere che la propria insufficienza. Si rivolsero quindi gl'idraulici all'esperimento, e più di ogni altro le resistenze ricercarono in tempo di piena, in sezioni assai ampie

e sotto inclinazioni diverse. Venne così fatto ad Eytelwein, coll'esperienze degl'ingegneri Brünigs, Funk e Woltmann, di as-
sodare nel 1815 una formula la quale meglio che le altre prima
di lui corrisponde all'intento, siccome han dimostrato coi loro
travagli gl'Ingegneri pontificj (V. *Ricerche geometriche ed idrometriche
della scuola degl'Ingegneri pontificii*, anno 1821). Ciò non pertanto re-
sta ancora molto stento a durare, perchè in tutti i casi fossero tra
loro d'accordo la teorica e la pratica, nello sciogliere il problema
intrigatissimo del moto de' fiumi, siccome ha luogo in natura. Di
fatto molto sonosi affaticati intorno a ciò il Venturoli e 'l Tadini,
e non ha guari il Mossotti in una Memoria che sta negli Atti
dell'Accademia italiana di Modena, tomo XIX. Ma non avendo
tenuto conto dell'attrito e dell'adesione del fluido, non ha potuto
ottenere il desiderato accordo tra la teorica e la pratica. V. le *Me-
morie delle Scienze di Parigi*, an.1826.

429. Ci sarà ora concesso di conoscere l'azione delle acque
sul fondo e sulle sponde de' canali, e tutte le vicende cui sta sot-
toposto il loro *alveo* o *letto*. Ciascun sa che le acque colla loro
altezza e velocità son capaci di scavare il fondo, e rodere le
sponde de' canali; ma una sì fatta azione, che ha luogo quando
la loro forza vince la tenacità e sodezza del terreno, manca del
tutto quando essa è minore, o pure è equilibrata con esattezza da
quella tenacità. E come un tale equilibrio non si suole rinvenire
nel corso de' fiumi o de' canali; così non sono da considerarsi se
non i casi in cui l'azione della corrente è maggiore o minore. Nel

primo le acque cavano il fondo e le sponde, e nel secondo depositano i sassi, i ciottoli, le arene e le materie che seco strascinano, sul fondo e sulle sponde. Di che viene che crescendo la quantità dell'acqua e però la sua altezza, o pure l'inclinazione del canale e però la velocità delle acque, queste in proporzione più scaveranno il letto, e meno materie depositeranno. Ed al contrario scemandosi la velocità o l'altezza delle acque, vengono esse a fare più depositi e meno cavamenti. Di modo che il letto de' fiumi e dei canali non sarà mai stabile, per la ragione che di continuo si sforma coll'erosioni e coi cavamenti, o pure si accresce e si rialza co' depositi. E come queste deposizioni e queste corrosioni si fanno sempre irregolarmente; così formansi de' seni e delle tortuosità nelle sponde, o pure de' gorgghi e de' ridossi nel fondo.

430. Parlando del fondo de' canali aveano i matematici stabilito che dovea esso presentare sopra tutta la lunghezza la forma di una curva asintotica: ma il Monge ha precisamente trovato che dev'essere la figura di una porzione della *lenteare*, o sia di quella curva che forma naturalmente una pezza di tela sospesa per le sue estremità. E siccome il fondo non ha la stessa tenacità in tutti i punti della lunghezza del canale; così dee avvenire che ne' punti più deboli sarà cavato il terreno, e l'altezza delle cavità giungerà a tal segno che l'acqua nel loro fondo non avrà più movimento, e ne risulterà un letto permanente. Per lo che in quei punti della sua lunghezza che sono più deboli, e però cavati, si avrà una serie di curve della forma della *lenteare*, nello stesso modo che farebbe una pezza di tela sostenuta nel verso orizzontale da una fila di

punti d'appoggio situati in distanza l'uno dell'altro.

431. Considerando poi le corrosioni delle sponde, la teorica e l'osservazione dimostra che dove sono esse rettilinee e parallele, minima viene ad essere, a circostanze eguali, l'azione corrosiva delle correnti. Poichè quando le sponde non sono rettilinee, le loro curvature, come quelle che sono opposte alle correnti, ricevono da queste degli urti continui, che le logorano tanto più, quanto la materia delle sponde è più debole, e maggiore è la velocità delle acque. E come le pareti che formano le sponde, non hanno in tutta la lunghezza de' fiumi e de' canali la medesima sodezza; così ne dovrà seguire che là dove le sponde non sono rettilinee e parallele, saranno più o meno corrose, e il letto de' canali si allargherà. Di fatto più larghi si osservano i fiumi e i canali ne' terreni di sabbia e di argilla, che di calcare duro o di granito; e più ne' piani nudi, che in quelli boscosi.

432. Ne' luoghi in cui il letto de' canali e dei fiumi si slarga, o pure piccolo è il pendio del letto, la velocità delle acque viene a menomare, e la corrente non potendo più strascinare le materie che prima trasportava, depone i ciottoli e le arene, e 'l fondo de' canali si alza, come suole avvenire nei luoghi piani che sono esposti perciò nel tempo di piena ad inondazioni. E come i fiumi verso la foce hanno una piccolissima inclinazione; così mancando in tal punto la velocità delle acque, ivi si ammassano i ciottoli e le arene; molto più che la velocità ancorchè piccola che hanno le acque verso la foce, viene diminuita dalla resistenza delle onde del mare. Indi le correnti lasciano ed ammassano sulle

ripi del mare a monti delle sabbie che si chiamano *sbarre*. In generale adunque là dove per una cagione qualunque il letto di un canale o di un fiume si allarga, il fondo si alza per i continui depositi, perchè manca per lo slargamento la velocità che prima avevano le acque. Indi volendo valicare un fiume si deve sempre scegliere il punto più largo del suo letto, perciocchè ivi si trova meno alto il fondo.

433. Dopo tutto ciò è chiara illazione che in quei punti de' canali in cui le sponde per qualunque ragione si vengono a restringere, dovendo sempre per tale sezione passare la medesima quantità d'acqua, debba questa acquistare una maggiore velocità. Di fatto sotto gli archi de' ponti la corrente ha maggiore la sua velocità, perchè là si restringe; e sotto gli archi de' ponti le acque rodono più per l'accresciuta velocità, e giusta la diversa sodezza del terreno, il fondo de' fiumi. Per lo che ove si vogliano in un canale levare i ridossi o alzamenti, che risultano d'ordinario dalle sabbie e da' ciottoli, si deve riputare ottimo metodo quello di restringere il canale, affinchè l'acqua acquistando maggior velocità, acquisti la forza di trasportare quelle sabbie e quei ciottolini.

434. Si possono ora dichiarare alcuni fenomeni che a prima vista la sembianze mostrano di paradossi. Il primo si è, che i fiumi cagionano le inondazioni, non già quando i torrenti vengono in loro a sboccare, ma quando al contrario è già mancata la copia delle acque che in loro s'introducea con impeto. Poichè la corrente del fiume, per le resistenze che già ha incontrato,

viene allora ritardata, ed avendo perduto una parte della sua velocità si gonfia, deposita le sabbie e le terre che seco portava, ed alzatosi così il fondo del fiume, le acque crescono sopra le ripe, ed i campi inondano dall'una e l'altra sponda. Il secondo fenomeno è quello, che spesso i canali che si costruiscono in un fiume per isminuirne le acque, in luogo d'impedire, agevolano le inondazioni; giacchè col condurre una parte delle acque la velocità del fiume decresce, e per la diminuita velocità le acque del fiume e del canale si gonfiano. La molteplicità in fine de' torrenti, ed è il terzo, che vengono ad angolo a sboccare in qualche fiume principale, ancorchè accresca di molto la quantità delle acque, è cagione che il fondo di questo fiume si elevi. Poichè i torrenti che precipitano alla china de' monti, per la gran velocità trasportano molti massi più o meno grossi: e come mancata la pendice de' monti, la velocità delle acque de' torrenti, e del fiume, ancorchè sieno riunite, non è più atta a trasportare quei massi; così questi si arrestano, e alzando il fondo del fiume minacciano i paesi circostanti d'inondazione.

435. Si dovrebbe qui far parola dell'urto delle acque, affinchè conoscer si possa la sodezza di cui debbono esser forniti gli argini per opporre la conveniente resistenza all'azione e all'impeto de' fiumi; ma oltre che di questo argomento si è in altro luogo in alcun modo parlato, non vogliamo qui progredire al di là del nostro istituto. Ci piace solamente di soggiungere o additare una maniera di argine facile e pronta e niente dispendiosa, che si suole in molti casi con gran vantaggio adoperare. Consiste essa

nel piantare sul terreno de' pali, che con altri s'incrocicchiano a forma di graticcio, ed empirne i vani con pietre, e le fessure di queste con terra, in cui i semi si spargono di quegli alberi ed arboscelli che vicino alle acque germogliano e crescono, le cui radici serpeggiando e forte aderendo alle pietre, rendono la siepe folta e l'argine tenacissimo. Ma è da scegliersi a ciò fare il terreno là dove è più sodo e saldo, e a quella distanza in cui l'impeto della corrente non possa distruggere il principio di tale argine.

Lungo poi sarebbe, e parimente oltre il nostro istituto, di passare in rivista tutte le macchine idrauliche che sonosi costrutte a comodo delle arti e della società (V. *Idrodinamica* del Bossut, i *Movimenti delle acque* del Mariotte, la *Meccanica Idraulica* del Prony, il *Rapporto dell'Istituto di Francia sulle macchine idrauliche* presentate dal Manoury, d'Ectot, ec.).

CONCLUSIONE

Avendo ordinato i varj trattati della fisica allo scopo di conoscere le proprietà de' corpi, e dichiarare quindi, quanto meglio si può nello stato attuale della scienza, i fenomeni che di continuo a noi si manifestano; abbiamo in prima rivolto la mente a quelli che si osservano ne' cieli, ed han luogo tra i corpi da' quali si compone e risulta il nostro sistema planetario. E come s'è fatti fenomeni a quelli si riducono dell'equilibrio e del movimento de' corpi celesti; così a questa parte della fisica, che dicesi *Astronomia fisica* o *Meccanica celeste*, abbiamo fatto precedere le nozioni e le dottrine dell'equilibrio de' solidi e de' liquidi, e le leggi del movimento, che abbiamo ricavato dalle osservazioni e dagli esperimenti intorno a' corpi terrestri; giacchè tutto l'universo è formato dalla materia agitata dalle leggi del moto, e queste leggi debbono essere, come sono, generali e comuni a' corpi sia terrestri sia celesti, o sia a tutti i corpi in natura. In questo senso non abbiamo dirizzato nè trattati di statica nè di dinamica, ma abbiamo solamente scelto dalle meccaniche quei principj generali che guidar ci poteano diritto e sicuro alla spiegazione de' principali fenomeni del cielo. Premesse in fatti queste nozioni, ci venne fatto di mostrare in che modo i moti apparenti de' corpi celesti si riducono a' reali, a quali leggi certe ed invariabili sien tali movimenti sottoposti, e come coll'ajuto dell'unico principio dell'attrazione piglian queste leggi stato e vigore, il sistema planetario si connette, e i principali fenomeni del cielo si dichiarano. E

come tali fenomeni sono tutti di movimento, e 'l moto è comune proprietà della materia; così abbiamo questa parte delle nostre istituzioni chiamata *Fisica generale*.

A questa parte della Fisica abbiamo fatto succedere l'altra che dicesi *particolare*, e mira principalmente a spiegare i fenomeni che han luogo nell'atmosfera e intorno a noi. E perchè non si può sì fatto ordine di fenomeni bene investigare, se prima non si conoscono le cause, o come diconsi gli *agenti* che li producono; così al trattato dell'atmosfera abbiamo quello premesso della luce, del calorico e del fluido elettrico in tutti i suoi stati e sotto la forma, secondo cui oggi si ravvisa, di *magnetismo*, di *elettricità dinamica*¹³⁸, o di *correnti elettriche*, in virtù della quale opera nella terra, nelle magneti, ne' vegetabili e nelle azioni le più riposte della natura. Guidati dalla conoscenza di tali agenti, delle loro proprietà, del modo loro di operare, ci siamo indi rivolti, com'era nostro intendimento, all'atmosfera, ed avendola scomposta nelle sue parti per meglio conoscerla, abbiamo portato l'animo intento a dichiarare i molteplici e variati fenomeni che in essa di continuo si osservano. È vero che non ci è stato concesso, per difetto forse di osservazioni, o perchè ancora non conosciamo tutti gli agenti

¹³⁸A compiere questo ramo importante della fisica vi mancano alcuni fenomeni scoperti dopo la pubblicazione di quest'opera, i quali si faranno conoscere in un'*appendice* a parte in aggiunta a questo volume (V. la nota al § 111).

che v'influiscono, di dichiararli ad uno ad uno con precisione ed esattezza; ma non vi ha dubbio che il metodo con che è da trattarsi tale parte della scienza, è quello che da noi si è indicato e proposto, ed oggi porta il nome di analitico.

La luce, il calorico e l'elettricità che tanta parte hanno ne' fenomeni dell'atmosfera e nello stato dell'aria, e in generale de' fluidi aeriformi, che a questi compartiscono nuove e particolari proprietà, atti li rendono a trasmettere i suoni, e ne facilitano o dirigono i movimenti; influiscono del pari sullo stato dell'acqua e in generale de' liquidi, che convertono in vapori, e slegandone le parti ne moltiplicano in ogni verso i movimenti. Però al trattato dell'atmosfera abbiamo quello soggiunto dell'acqua in tutti i suoi stati e ne' suoi movimenti; molto più che l'aria e l'acqua sono due agenti che colle loro affinità e colle loro proprietà fisiche e meccaniche operano continue composizioni e scomposizioni, alterano la superficie del nostro globo, l'accrescono di nuovi strati, altri ne sformano, e sono due potenti cagioni delle vicende cui è in ogni momento sottoposto il nostro pianeta. Di modo che luce, calorico, elettricità sono agenti de' fenomeni atmosferici; e luce, calorico, elettricità congiunti all'atmosfera ed all'acqua operano gran parte di que' fenomeni terrestri che l'oggetto formano delle altre scienze naturali. La fisica adunque studia le proprietà generali della materia in tutti gli stati in cui si può ritrovare, le leggi raccoglie, giusta cui esercita in ciascuno stato la sua azione, ed han luogo i suoi movimenti, e le principali cagioni

ci addita de' fenomeni che l'argomento sono delle nostre ricerche e del nostro sapere. Viene così ad iniziare, prima che si volga alla contemplazione degli oggetti particolari, il chimico, il mineralogista, il botanico ed ogni altro cultore delle cose naturali, e diviene, com'è, la base ed il vestibolo di sì fatte scienze. Con questo intendimento e colla guida di tali principj sono state da noi esposte ed ordinate le lezioni di Fisica generale e particolare.

FINE

INDICE DEL TOMO SECONDO DELLA FISICA PARTICOLARE

<i>DELL'ELETTRICITÀ PER CONTATTO</i> ¹³⁹	pag. 1
CAP. I. — Della formazione e teorica della colonna di Volta, e della pila termo-elettrica	3
II. Degli effetti degli apparati elettro-motori	18
<i>DELL'ELETTRICITÀ DINAMICA</i>	36
Cap. I. Dell'azione mutua de' fili conduttori della pila di Volta	40
II. Dell'azione della terra su i conduttori voltaici, e dell'azione mutua tra questi e le calamite	57
III. De' fenomeni magnetici e del magnetismo della terra	85
<i>Conchiusione del Trattato degl'imponderabili</i>	105
<i>DELL'ATMOSFERA</i>	113
Cap. I. Delle proprietà fisiche dell'aria atmosferica	114
II. Delle proprietà chimiche dell'aria atmosferica e della sua analisi	130

¹³⁹I numeri di pagina qui riportati sono quelli dell'edizione cartacea. — *Nota per l'edizione elettronica Manuzio.*

III. De' vapori nell'aria atmosferica	148
<i>Appendice degli Editori al presente Capo III</i>	159
Cap. IV. Della temperatura dell'atmosfera	179
V. Dell'elettricità atmosferica e del gas idrogeno	199
VI. Degli strumenti meteorologici	213
<i>DE' FENOMENI ATMOSFERICI</i>	237
Cap. I. Delle meteore lucide	239
II. Delle meteore aquee	257
III. De' venti	271
<i>DELL'ACUSTICA</i>	279
Cap. I. Della formazione de' suoni	<i>ivi</i>
II. Della propagazione e intensità del suono	293
III. Della riflessione del suono	305
IV. Della comparazione de' suoni	315
<i>DELL'ACQUA</i>	326
Cap. I. Delle proprietà dell'acqua nei varj suoi stati	327
II. Dell'acqua che sgorga da' vasi	339
III. Del movimento dell'acqua nei condotti e ne' canali	350
<i>Conclusione</i>	358

EMENDAZIONI¹⁴⁰

Pag.	(met. 0,54)	<i>leggi</i>	(met. 0,054)
39			
lin.22			
”	elettromagnetismo o	l'elettromagnetismo	o
ivi	elettricità-dinamica	l'elettricità-dinamica	
”			
pen.			
”	il conduttore mobile	il conduttore mobile della	
42		fig. 14	
”			
13			
”	della fig. 15	della fig. 13	
46			
”	5		
”	nel caso che si avvicina	nel caso le si avvicina dalla	
48	alla sommità	sommità	
”			
34			
”	tra <i>AL</i>	tra <i>Al</i>	

¹⁴⁰Queste correzioni sono già state apportate nelle trascrizioni.

— *Nota per l'edizione elettronica Manuzio.*

49

” 9

” l'Autore comune-
71 mente è conosciuto

”

24

” e ciò ad imitazione di
87 molti fisici stranieri, i
” quali suppongono an-
38 che il globo una cala-
mita, per cui il suo
polo deve avere di-
verso nome di quello
che attrae.

” al § 193

199

”

24

” § 307

301

”

37

l'Autore, è comunemente
conosciuto

e ciò ad imitazione di molti
fisici stranieri, i quali, nella
supposizione che anche il
globo sia una calamita, ri-
tengono che ciascun polo
di questa debba avere un
nome diverso da quello che
attrae.

al § 192

§ 370

NEL TOMO I DELLA FISICA GENERALE.

” 120 ” 13 due volte il raggio *leggi* tre volte il raggio





