

IV. A.

EX LIBRIS



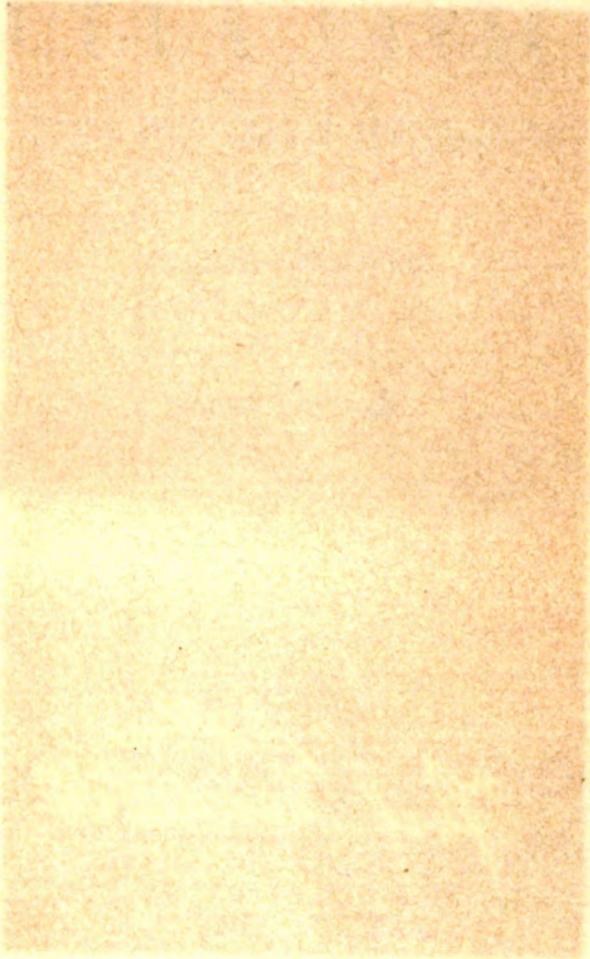
DES DEUTSCHEN MUSEUMS
VON MEISTERWERKEN DER
NATURWISSENSCHAFT UND
TECHNIK □ □ MÜNCHEN
GESTIFTET v.

J. Faber
Prof. Manuelli

Bibliothek des Deutschen Museums



057000397696



TRATTENIMENTI SULLA FISICA

E SUE PIU' CURIOSI APPLICAZIONI

DI

DUCOIN-GIBARDIN

✓
VERSIONE

DI

CARLO A-VALLE

—
VOLUME UNICO



TORINO 1843

Co-Editori } FRANCESCO PIC, Libraio.
ZECCHI E BONA, Tipografi.

1904 a 321

GLI EDITORI

Crediamo fermamente, che fra i libri d'ogni genere, i quali si stampano tuttogiorno, quelli debbono preferirsi, che l'utile al diletto accoppiando, concorrono ad accrescere il ben essere della società e l'incivilimento dei popoli. Due grandi stadii sono a farsi dall'uomo: quello cioè di se stesso e di ciò che lo circonda. Il primo è uno studio molto arduo, e che solo s'acquista a forza di esperienza e di meditazione; mentre il secondo è opera di quei peregrini intelletti, i quali si travagliano alla scoperta delle cause, che sì varii e sì maravigliosi effetti producono.

Della seconda specie è l'Opera che noi offriamo al Pubblico, e massime alla gioventù studiosa che fa il primo passo nel gran campo delle scienze. Il nome di Ducoin-Girardin, di cui già stampammo i Trattamenti sulla Chimica, ben merita dai lettori una piena fiducia. Le scritture di questo benemerito scienziato ottennero in Francia ed altrove i più sinceri e i più unanimi applausi; epperò noi non ondeggiamo un momento alla scelta.

La fisica una volta era una scienza misteriosa e riservata a pochi. L'uomo non erasi ancora elevato fino alla sorgente dei più alti fenomeni della natura; e quei fortunati, come li chiama Virgilio, i quali potevano aprirsi una via infino ad essa, sovente prevalevansi della ignoranza altrui per fare un prodigio di quanto era semplicissima operazione della universale economia. Ora non è più così. I grandi luminari delle scienze squarciarono il velo, e noi possiamo con compiacenza innalzare al cielo il guardo e intorno a noi rivolgerlo nella certezza, che quanto ci si offre dinanzi è oramai del dominio dell'umano intendimento. Il libro di Girardin non è concepito e scritto come la maggior parte di quelli, che si fanno un pregio di rendersi oscuri ed accessibili a pochissimi. Ognuno può a sua volta impararvi quanto v'ha di più grande e di più dilettevole in natura, e rendersi così ragione di ciò che cade sotto ogni esterno suo senso. E questo è il motivo che ci spinse a pubblicare questi Trattenimenti voltati nella nostra lingua, e ci fa sperare non sarà per mancarci il gradimento dei lettori, cui tanto ci sforziamo di piacere.

INTRODUZIONE

« **A** vvezatevi, amici miei, a rendervi conto di tutto ciò che si passa sotto i vostri occhi: la natura è un gran libro; che giovani e vecchi debbono studiare una intiera vita: non lasciate sfuggire inosservato alcun fenomeno. Non v'ha in natura così picciolo effetto, che spesso non derivi da curiosissime cause; non v'hanno forse fatti naturali che, quando bene si considerino sotto tutti i loro rapporti, non possano offerirci utili e pratici risultamenti. D'altronde, quand'anche l'esame delle meraviglie della natura altro scopo non avesse, che di farci benedire più e più sempre a quel Dio che le ha prodigate in questo universo, ciò sarebbe troppo, perchè noi cogliamo ogni occasione d'aggiungere qualche motivo novello alla riconoscenza, onde andiamo a lui debitori pei beneficii de' quali ci va ricolmando ».

Così parlava a' suoi due ragazzi il signor Belleval. Alberto e Maria, docili a questo invito, non mancavano mai, ogniqualvolta colpivali alcun che

di straordinario, di richiederne la spiegazione all'amoroso padre loro. Ma eglino incominciavano già a non istarsi più paghi di una spiegazione volgare, a motivo appunto dell'eccellente abitudine che aveano presa di rendersi conto di tutto. Però era sorto fra Belleval e i suoi ragazzi direi quasi un corso interminabile di questioni sui fenomeni ch'eglino vedevano; e talvolta quell'ottimo padre, il quale non avea più bene presenti allo spirito tutti i principii della scienza, trovavasi impacciato a render loro quelle spiegazioni, che meglio soddisfacessero, intorno a certi fenomeni della natura.

Un amico di famiglia, il signor Maurizio, veniva a scorrere uno o due giorni della settimana nella villeggiatura abitata da Belleval. Esso avea fatto uno studio speciale della fisica, applicata soprattutto alle operazioni dell'industria; era dunque in grado di supplire più d'ogni altro a ciò che potea mancare, nello stato presente della scienza, alle cognizioni di Belleval medesimo: ond'è ch'egli intraprese più volentieri di dare ai figlioletti dell'amico suo l'istruzione che loro in questa specialità mancava, in quanto che eglino mostravano un verace desiderio d'apprendere, interessandoli vivamente le meraviglie dell'universo. Fu convenuto perciò, che ciascheduna settimana due giorni fissati verrebbero, nei quali si farebbe una piccola passeggiata, da cui s'aria escluso ogni altro discorso che alla fisica non riguardasse. Al giorno determinato i Trattamenti ebbero principio.

TRATTENIMENTO PRIMO.

Proprietà generali dei corpi. — Estensione. — Sistema metrico. — Vite micrometrica. — Impenetrabilità. — Sperienze sulla porosità; — sulla divisibilità. — Atomi chimici.

« Lo studio della fisica, vale a dire dei fenomeni della natura, disse il signor Maurizio ai suoi novelli allievi incominciando il promesso insegnamento, abbraccia tutti i fatti che possono offrirsi alla nostra attenzione: tuttavia, siccome questa scienza sarebbe così troppo vasta, e comprenderebbe ad una volta la meccanica, l'idrostatica, la chimica, la botanica, la mineralogia, e in generale la storia naturale di tutti gli esseri, s'è quindi convenuto di restringere la fisica alle cognizioni generali relative allo insieme, e riserbare le cognizioni particolari allo studio in ispecie di ciaschedun genere di fenomeni.

« Malgrado ciò, per rispondere ad una curiosità assai legittima, quando io lo crederò necessario, o che le vostre richieste mi vi condurranno, mescerò talvolta alcun po' di tutte codeste scienze alle conversazioni nostre, affine di mettervi alla portata di ragionare di tutto, di tutto comprendere: sempre però senza l'in-

tenzione di approfondire tale o tal altro ordine di cognizioni, che fanno ordinariamente l'oggetto d'uno studio a parte. 'Credo che la fisica, più che ogni altra scienza, consista nello esaminare i fatti sotto tutti i loro aspetti e le applicazioni che fare se ne possono, piuttosto che a istituire *a priori* delle leggi, assai belle invero, ma di cui non puossi comprendere lo scopo ».

Le sperienze piacevano troppo ai nostri due amici, perchè questo metodo non si convenisse loro perfettamente. Dopo che ebbero ringraziato con gratitudine al loro maestro, che cercava così di rendere ad essi viepiù attraente uno studio già di per sè così piacevole, lo pregarono di dar subito principio.

« I primi passi in uno studio qualunque, proseguì egli, sono sempre i più difficili. V'ha una folla di principii, di nozioni preliminari e simili, di cui non è agevole cosa disfarsi. Noi saremo prodighi di codeste preliminari nozioni nella fisica, benchè v'abbiano certi punti che voi dovete conoscere. Importa che voi sappiate di fatto, tutto ciò che si riferisce a qualità e a proprietà comuni doversi recare una sola volta ad esame per non ritornarvi più sopra.

« Queste proprietà riguardano la forma della materia o la maniera con cui essa agisce. Date-mi, Alberto, la vostra palla elastica: essa ci offrirà l'occasione di passare in rassegna la maggior parte di queste proprietà medesime.

« Se io esamino dappprincipio ciò che può appartenere alla forma di questa palla, veggo che essa ha una certa **ESTENSIONE**, limitata in rotondo da tutte le parti. Riflettendovi un po' sopra, veggo che un altro corpo non può trovarsi al medesimo posto e nel medesimo tempo. Essa non può venir penetrata da corpo alcuno, e la sua materia è **IMPENETRABILE**; ma siccome le particelle della materia che la compongono non si toccano....

ALBERTO. Io non comprendo più nulla. La mia palla è formata di fili di gomma elastica raggruppati e compattissimi.

MORIZIO. Voi conoscete una spugna, non è egli vero? Essa è crivellata d'una infinità di fori: la pietra pomice è nel caso stesso. V'hanno corpi assai, il sasso per esempio, lo zucchero ed altri, dove i fori sono percettibili all'occhio nudo; ebbene, prendete un microscopio, e troverete nella materia che vi pare la più compatta, una grande quantità di vuoti assai più piccoli, ma analoghi a questi. La vostra palla, oltre gl'interstizii che esistono fra ciaschedun filo, è composta d'una materia, che ha i suoi interstizii essa medesima. La pelle che la ricopre, per esempio, è penetrata dall'acqua ch'essa non può ritenere: le goccioline d'acqua passano dunque attraverso i suoi *pori*. La vostra palla è **POROSA**.

Da ciò ch'ella è porosa, voi comprendete che ella è pure **COMPRESSIBILE**, vale a dire che, rin-

serrando le sue molecole, la si fa occupare meno spazio. Ogniqualvolta ella cade, si schiaccia: d'altronde lo sforzo delle vostre dita basta a produrre lo stesso effetto, benchè, come dite, nel costrurla l'abbiate resa molto compatta. Ma essa possiede ad un altissimo grado la proprietà di riprendere immediatamente la primitiva sua forma: allora si dice ch'ella ha molta *ELASTICITÀ*. La gomma con cui si fabbricano queste palle vien nominata perciò appunto gomma elastica, o, fra gli scolari, semplicemente *elastica*.

Voi sapete benissimo inoltre, che questa palla è *DIVISIBILE* in un gran numero di parti. Dappprincipio, sciogliendo i pezzi di gomma, voi la dividete in lunghi fili: ciascheduno di questi fili può dividersi in una infinità di piccoli frastagli: e quando le vostre dita e le vostre cesoie non vi potranno sopra più nulla, voi supponete ancora che con istrumenti più fini, con dita più delicate, si potrebbe fare qualche cosa più oltre.

Ebbene, eccovi la maggior parte delle proprietà che dipendono dalla forma della materia. Le proprietà che provengono dalla sua maniera d'agire, non sono meno semplici e meno sensibili. Consideriamo sempre la vostra palla.

Essa è incapace di muoversi da se stessa: dunque è *INERTE*; ma se voi le imprimete un movimento col mezzo d'una forza qualunque, troverete ch'ella è *MOBILE*, vale a dire capace di venire spostata. Se io la lascio cadere, il suo pro-

prio *peso* la trascina ; essa è dunque **PESANTE**. È la terra che l'attrae verso il suo centro con una forza sconosciuta, che i fisici chiamano *attrazione universale*, per distinguerla da un'altra forza d'attrazione, che porta una verso l'altra le molecole dei corpi, e che dicesi perciò *attrazione molecolare*.

MARIA. Noi possiamo scorrere rapidamente su queste proprietà generali, che voi non ricordate senza dubbio se non per memoria, e per acquietare la vostra coscienza di maestro.

MORIZIO. Guardatevi bene dal crederlo. Io non m'aggraverai certo sulle definizioni, quando non facessero che imbrogliare in voi un'idea precedentemente limpidissima ; ma è ottima cosa conoscere alcuna delle modificazioni di queste proprietà, in tutti i corpi, non che il modo di dar loro il debito peso.

ALBERTO. Che avete dunque a dirci in rapporto all'estensione ?

MORIZIO. Non ho bisogno di mostrarvi che tutti i corpi, solidi o liquidi, occupano un dato spazio e per conseguenza sono *estesi*. È facile verificare questa proprietà, anche nei corpi gassosi. Immergete in un bacino di acqua un bicchiere riversato, voi vedrete che l'acqua non lo riempie, perocchè l'aria occupa il suo posto e non trova alcuna uscita. È inutile, credo, insistere su questo punto : ma debbo indicarvi i mezzi che le arti somministrano per misurare l'estensione dei corpi.

Altravolta, ciascheduna provincia avea le sue misure speciali, ostacolo immenso per tutte. Il governo impegnò di cambiarle, ora ha cinquant'anni. Si cercò lungamente una misura comune che potesse durare quanto il mondo, affinchè riuscisse agevole assicurarsi in ogni caso della esattezza di questa misura. Nulla v'ha di più solido nè di meno soggetto a variare che il globo medesimo della terra. Il progetto era gigantesco: tuttavolta si pose ad eseguitamento; e a' dì nostri, questa misura è la base di tutte quelle della Francia. I mezzi posti in pratica per misurare la terra non sono del dominio della fisica: mi basterà dirvi che si divide in quattro il cerchio del meridiano, passando per Parigi, e calcolato al livello del mare. La diecimilionesima parte di questo quarto di cerchio fu presa per unità di misura: essa è il METRO.

ALBERTO. La terra è dunque una circonferenza di quaranta milioni di *metri*?

MORIZIO. Appunto.

MARIA. E s'ha potuto misurare esattamente il giro della terra?

MORIZIO. Esattissimamente. I gradi furono dedotti da osservazioni astronomiche preziosissime. Le matematiche speciali forniscono de' mezzi abbastanza sicuri per misurare la lunghezza d'una linea.

Il metro è dunque l'unità di lunghezza (3 piedi, 0 pollici, 11 linee, 296/1000 di linea).

Dieci metri riuniti formano un *decametro*.

Dieci decimetri — un *ectometro* (inusato).

Dieci ectometri — un *chilometro* ($\frac{1}{4}$ di
lega di posta).

Dieci chilometri — un *miriametro* (2 leghe
e mezza).

Il decimo del metro dicesi *decimetro* (circa
44 linee).

Il decimo del decimetro dicesi *centimetro* (circa
4 linee $\frac{1}{2}$).

Il decimo del centimetro dicesi *millimetro* (27
millimetri fanno 1 poll.).

Il metro quadrato dicesi *centiaro*.

Il decametro quadrato dicesi *aro*.

L'ectometro quadrato dicesi *ectaro* (2 iugeri
circa delle acque e foreste).

Il metro cubo s'appella *stero* (misura di legna
da ardere).

Il decimetro cubo s'appella *litro* (misura di
liquidi, grani e simili).

Il centimetro cubo è la millesima parte del
litro.

Generalmente, non è difficile misurare le e-
stensioni che possono eseguirsi con metri, cen-
timetri ed anche millimetri: ma per divisioni
più piccole, così piccole che fa d'uopo talvolta
una lente per distinguerle (precisione spesso
necessaria nelle arti), importano mezzi più si-
curi e speditivi.

ALBETO. Ciò debb'essere difficilissimo.

MORIZIO. No, ragazzo mio : v'hanno molti metodi, che semplificano d'assai l'operazione. Voi sapete quanti giri si richieggono per far muovere d'un piccolissimo tratto una vite nella sua chiocciola. Ebbene, supponete una chiocciola fissa ed una vite di cui tutti i passi siano perfettamente eguali. Se un giro la fa avanzare di un millimetro, un centesimo di giro la farà avanzare cento volte meno.

MARIA. Ma come calcolare un centesimo di giro?

MORIZIO. Fissate alla testa della vostra vite qualche cerchio, diviso come un quadrante di orologio; il cerchio girerà contemporaneamente alla vite.

ALBERTO. Capisco. Il cerchio, girando, passerà probabilmente davanti ad un ago fisso, che servirà d'indice, e si saprà così, s'egli è diviso in sessanta parti come i minuti del quadrante, quando la vite avrà corso 1, 2, 10 sessantesimi di giro.

MORIZIO. È facile vedere, potersi applicare questo sistema, nominato *vite micrometrica*, alla misura della maggior parte degli strumenti di precisione, armando d'una punta ben diretta la estremità della vite. Un meccanismo adatto fa muovere questa punta quando si voglia. Voi conoscete queste specie di squadra, che diconsi movimenti a sonagli, e che servono a rimandare la corda in una direzione novella. Se si tiri

o si sospinga uno dei bracci, l'altro collocato in isquadra fa lo stesso movimento in una direzione opposta: ma se questo secondo braccio è molto più lungo, la sua estremità descriverà una curva assai più lunga. Un piccolo cambiamento del braccio più corto farà variare assai il più lungo; allora diverrà facile calcolare le più leggere variazioni prodotte da due misure, di cui l'una spingerà un po' più che l'altra il capo del piccolo braccio.

Non è mio intendimento il passare in rivista i mezzi che noi abbiamo per misurare le estensioni; importerebbe ch'io vi spiegassi il principio delle differenti specie di alidade, contafile e simili. Vi basti avere un'idea del modo con cui puossi nelle arti rendersi conto delle più piccole variazioni d'estensione.

Che i corpi siano *impenetrabili*, risulta dalla natura loro medesima, e ciò v'apparirà con una tale evidenza, che ogni dimostrazione non varrebbe se non a rendervi meno chiara l'idea che ne avete. Notate solamente che, quando io dico un corpo essere impenetrabile, non intendo già che un altro corpo non possa passargli attraverso: voglio significare soltanto, che le molecole dei due corpi non possono essere nel medesimo tempo allo stesso preciso punto.

MARIA. Ma il legno frattanto si lascia penetrare?

ALBERTO. E l'aria che noi traversiamo in tutti i sensi? Poichè l'aria è un corpo, bisogna tenerne conto.

MORIZIO. Il legno non si lascia penetrare; il ferro della scure ne sposta le fibre, ma non le penetra, nel senso che in fisica si attribuisce a questo vocabolo. Il ferro non si colloca entro al legno, se non quando le particelle legnose sono spostate. In quanto all'aria, la cosa non è diversa. Cercate con uno stantuffo di penetrare l'aria d'un tubo; voi la comprimerete bensì, ma non la penetrerete più che non v'accada in una massa di ferro. Così un corpo può scacciarne un altro, ma non già penetrare la sua materia stessa.

Tutti i corpi sono porosi, ve l'ho detto un momento fa: si può provare questo fatto con esperienze numerosissime. I pori del legno assorbono l'acqua, quelli del marmo assorbono l'olio: la pelle dell'uomo e degli animali lascia passare il sudore; l'acqua filtra attraverso le montagne d'arenaria, e il mercurio attraverso una pelle di camoscio.

Si è giunti a comprimere i corpi più ribelli all'azione del torchio, ed è constatato che tutti i corpi si restringono al freddo e si dilatano al calore. Ora, questi effetti non possono spiegarsi, che ammettendo fra le molecole dei corpi i vuoti di cui queste molecole possono riempire una parte quando si costringono.

ALBERTO. Non avete bisogno di provarmi la compressibilità della mia palla, e in generale di tutti i corpi elastici: ma gli altri....

MORIZIO. Si dubitò lungo tempo della compressibilità dei liquidi, e specialmente dell'acqua. Gli accademici di Firenze riempirono d'acqua una sfera d'oro, e la sottoposero ad una pressione violentissima: l'acqua non parve comprimersi, ma trasudò dai pori del metallo. Questa esperienza provava piuttosto la porosità dell'oro che l'incompressibilità del liquido: di fatto, si giunse alcun poco a comprimerlo. Del resto, vi ha de' solidi più difficili ancora che l'acqua a venire compressi: il vetro è di questo novero. Esso è nullameno comprimibile e poroso: e ciò può affermarsi senza fallo, perocchè egli trasmette, come tutti i corpi, il suono. Ora, non è che per mezzo di vibrazioni che un corpo può trasmettere il suono; e perciò importa che e' sia, come vedremo più tardi, comprimibile e poroso.

Non v'ha sostanza che non siasi pervenuti a dividere. Il più duro di tutti i corpi, il diamante, si riduce assai bene in polvere, segandolo con un filo d'acciaio ricoperto di egrisea. Le selci arrossate al fuoco e immerse nell'acqua fredda, si riducono in polvere fra le dita. Precipitando i metalli dalle loro combinazioni chimiche, si riducono in polvere eccessivamente fina.

L'oro, il più duttile senza dubbio di tutti i metalli, può essere battuto in foglie così fine, da vedervi la luce attraverso. Trentadue grammi d'oro (un'oncia) bastano per indorare un cilindro d'argento, che può tirarsi alla trafilatura e ridurre

ad un filo piatto di un quarto di millimetro di larghezza e cent'undici leghe di lunghezza. Si ottengono nelle arti de' fili di platino e di ferro tali, che fa duopo unirne mille o mille duecento per formare lo spessore d'un millimetro. I chimici constatano la presenza d'una quantità impercettibile di sale in una enorme quantità di acqua *1 ; un piccolo pezzo di muschio riempie una camera di particelle odorifere per anni intieri, senza perdere una quantità calcolabile del suo peso.

MARIA. Non è possibile comprendere nei corpi una tenuità così prodigiosa.

ALBERTO. Non è neppure a credersi.

MORIZIO. Dio non è meno mirabile nelle cose infinitamente piccole che nelle infinitamente grandi. Egli non abbisognò per creare tutto questo di grossolani stromenti, de' quali noi facciamo uso. È umiliante forse per la nostra povera intelligenza; ma non è una ragione per contendere tutti questi fatti. Del resto, voi potete stupire in faccia alla estrema divisibilità dei corpi, senza uscir dalla sfera delle vostre cognizioni. L'acqua, non è ella costretta a dividersi all'infinito per convertirsi in vapore, ed occupare 1,600 volte più di luogo? E se voi desiderate vedere assolutamente il risultato della divi-

*1 Veggansi i Trattamenti sulla Chimica, vol. I, secondo della Biblioteca d'Istruzione.

sione, numerate, se vi piace, le infinitamente piccole goccioline di rugiada che la frescura depone ogni notte sulla più minuta delle foglie.

ALBERTO. V'ha egli un limite alla divisibilità dei corpi?

MORIZIO. Era questa altre volte una grande questione della filosofia scolastica: ora è relegata fra le questioni inutili ed oziose. Tuttavia, in chimica, si ammette siccome conforme ai fatti conosciuti questa opinione, che una volta giunti ad un certo limite, i corpi più non si dividono. Queste ultime particelle dei corpi sono gli *atomi* dei chimici moderni. Del resto, presso loro questa denominazione non ha un significato assoluto; v'hanno pur anco degli atomi composti, formati dalla combinazione degli atomi semplici. Questi nuovi atomi sono decomponibili senza dubbio nei loro atomi primitivi: ma non possono essere divisi in due atomi della stessa natura, poichè importerebbe a questo riguardo, che ciaschedun atomo primitivo potesse venire tagliato in due, per abbandonare una metà di sè a ciascheduna delle parti presunte dell'atomo composto. L'atomo composto è *insecabile* siccome lo atomo primitivo.

Benchè finadesso non s'ardisca nulla affermare intorno ai molecolari elementi dei corpi, e quantunque la scienza abbia escluso tutte queste inutili e capziose questioni, l'esistenza nondimeno degli atomi primitivi, non divisi, pare probabi-

lissima quando si esami la maniera con cui gli elementi fra loro si combinano. Per noi, ci basterà constatare, ogni corpo essere formato di particelle siffattamente esigue, che la ragione non giunge a percepire una tenuità consimile. Constateremo pure bentosto, che queste particelle non si toccano nei corpi, e lasciano fra loro uno spazio considerevole ».

TRATTENIMENTO SECONDO

Proprietà meccaniche dei corpi. — Esperienze sull'inerzia. — Forza centrifuga. — Mobilità. — Attrazione. — Gravità. — Peso. — Filo a piombo. — Livelli. — Pendolo. — Forma della terra fissata dall'azione della gravità.

« Noi ci occupammo, nel nostro primo Trattenimento, delle proprietà relative alla forma che i corpi in generale possono avere. Le proprietà comuni relative al loro modo di agire, o le loro proprietà meccaniche, non sono di minore importanza.

ALBERTO. Mi sovveggo che, a proposito della mia palla elastica, voi mi teneste discorso della sua inerzia naturale, del suo peso, e di molte altre cose che non mi paiono facili a ritenersi.

MORIZIO. Quando sarete bene penetrati della influenza di queste proprietà sui corpi, non proverete più la menoma difficoltà per classarle nel vostro spirito.

Affine di non affaticare l'attenzione vostra, baderò a non parlarvi di queste proprietà in modo astratto. Ciò che io ve ne dirò, sarà meno scientifico forse; ma riuscirà più interessante e più facile a comprendere.

E anzitutto, vedete questo enorme tronco di pietra? Esso rimarrà in questo luogo senza

dubbio, finchè una *forza* qualunque non venga a smuoverlo: è dunque una massa *inerte*. Il modo con cui ve ne discorro, vi dà un'idea sufficiente dell'inerzia nel riposo.

ALBERTO. Voi dite *inerzia nel riposo*... Ve n'ha forse un'altra inerzia?

MARIA. Chi dice inerzia, dice riposo perfetto.

MORIZIO. Non è così, miei cari, che i fisici considerano l'inerzia. Per loro, essa non è il riposo, ma sibbene l'indifferenza: non è il riposo, ma l'impotenza di dare o togliere a se medesimo alcun movimento. In una parola, l'inerzia è assenza d'una forza qualunque.

ALBERTO. Di modo che vi sarebbe inerzia, se la mia palla non s'arrestasse quando la getto lontano.

MORIZIO. La vostra palla è assolutamente inerte. Essa non può darsi nè togliersi movimento.

MARIA. Ma s'ella resiste al movimento che le si dona! Non vedete ch'ella finisce per arrestarsi?

MORIZIO. Disingannatevi. Non è dessa che resiste; è l'aria anzitutto, che non si sposta abbastanza presto per lasciarla passare: poi, quando tocca la terra, gli attriti la trattengono, e il suo peso l'attrae verso il centro.

ALBERTO. È ella cosa facile il giudicare se una causa straniera, piuttosto che la resistenza dell'oggetto, produca in lui l'arrestamento?

MORIZIO. Se un corpo s'arrestasse in seguito alla resistenza ch'esso oppone alla forza ond'è

trascinato, il medesimo corpo, sospinto da una forza eguale, opporrebbe sempre la stessa resistenza. D'onde viene dunque che una biglia da trucco, spinta da una piccola forza, si ferma più presto sulla terra che sul drappo; più presto sul drappo che sul marmo; più presto sul marmo che sul ghiaccio? D'onde procede che l'altro giorno, quando la mia carrozza s'è incrociata col carrozzino su cui eravate tutti voi, vi siete sentiti spingere così bene in avanti, che sareste caduti sulla groppa del cavallo, se il grembiale non v'avesse trattieneuti? Non proverebbe egli da ciò, che la forza, la quale arrestava la vettura, non arrestava voi medesimi; epperò il vostro corpo, in virtù della propria inerzia, seguiva il movimento che gli era stato impresso?

Ma ecco un'altra sperienza di Mariotte. Andate a sospendere questo anello alla sbarra di ferro che voi vedete là a quella finestra del primo piano: fissate all'anello una corda di 5 metri: poi all'altro capo appenderemo una palla di piombo d'un mezzo chilogrammo circa... Intanto prendete la palla; allontanatevi dal suo appiombio di circa tre metri, e spingetela in modo, da farla girare sulla sbarra di ferro che le servirà di centro. Non importa che spingiate molto forte.

ALBERTO. Ecco la palla che gira..... gira..... quando s'arresterà ella dunque?

MORIZIO. Voi potrete contare 400 giri. Supponendo che la circonferenza di un circolo valga

tre diametri o sei raggi, la palla farà così 50 metri per giro. Una forza mediocre le fa dunque fare 12,000 metri ovvero 3 leghe, assai rapidamente come vedete. Quando ha cessato di girare, ella si equilibra durante un tempo lunghissimo.

ALBERTO. Essa fa più cammino ancora che non una palla slanciata da un colpo di fucile.

MORIZIO. Gli è perchè la palla da fucile è attirata dal suo peso verso la terra; qui v'ha una forza che combatte contro questa attrazione, e tende ad annullarla: è la *forza centrifuga*.

MARIA. Che è dunque codesta forza?

MORIZIO. È uno degli effetti più considerevoli dell'inerzia nel movimento. Un corpo a cui un movimento qualunque si comunica, tende a seguire questo movimento nella direzione data. Così la palla di piombo, che voi avete fatta girare così bene or ora lanciandola, tendeva a sfuggire nel senso della spinta, vale a dire in una posizione orizzontale: ma la corda che ritenevala, l'obbligava a prendere una direzione differente.

ALBERTO. È l'effetto della *fionda*. Se io faccio girare una pietra in capo ad una fionda, e lascio andare in seguito uno dei fili, la pietra, avvece di continuare il suo giro, sarà slanciata in diritta linea con una forza altrettanto più grande, quanto più presto avrà girato la fionda.

MORIZIO. Sarebbe la medesima cosa se la corda

della nostra palla di piombo si fosse rotta nel circolare suo corso.

ALBERTO. Ho attaccato più volte ad un vaso pieno d'acqua una corda assai forte, ed ho fatto girare il vaso in capo a questa corda, senza che l'acqua cadesse. È ella per avventura la forza centrifuga che ratteneva l'acqua?

MORIZIO. Appunto. Questa sperienza ha dovuto provarvi l'attività della forza in questione; perocchè, non solamente la corda restava perfettamente tesa, ma voi avreste penato maggiormente a sorreggere l'orciuolo quand'era immobile *1.

ALBERTO. Non mi maraviglio più che i cavalierizzi quando girano al maneggio, si tengano talvolta per così dire incollati solamente al cavallo, piuttostochè assisi sovr'esso. È la forza centrifuga che li spinge contro il cavallo e ve li fa aderire.

MORIZIO. Voi non avete mai veduto un caval-

*1 L'effetto della forza centrifuga è notevolissimo negli animali e nelle piante. Il mal di mare, il bisogno di recere che provasi talvolta quand'uno si fa ciondolare sull'altalena, non hanno altra causa che il turbamento portato dalla forza centrifuga nella direzione dei liquidi dell'economia animale.

Si fecero germogliare delle piante su circoli o ruote giranti in direzioni diverse. Pare che le *radicule* delle piante tendano a dirigersi verso la circonferenza, e le *plumule* (principio del tronco) verso il centro.

lerizzo fare il suo giro tenendosi sul fianco esteriore del cavallo.

ALBERTO. Avete ragione: ciò mai non mi accade. Gli è perchè allora niuna cosa ve lo riterebbe.

MARIA. Ammirerei molto più quel cavallerizzo, che in codesta prova spingesse più velocemente il cavallo; ma veggio tuttavia ch'esso avrebbe assai maggiore difficoltà a tenersi fermo, se il cavallo si mettesse al passo; perocchè la forza centrifuga non avrebbe azione.

ALBERTO. È singolare, come tutto si spieghi naturalmente quando uno possiede un principio.

MORIZIO. Vediamo se le altre proprietà della materia non ci forniranno spiegazioni altrettanto curiose.

MARIA. Dopo l'*inerzia* viene, cred'io, la *mobilità*.

MORIZIO. Una di queste proprietà trae l'altra. Quando un corpo è indifferente o inerte, debbe essere sensibile all'azione di tutte le forze che agiscono contro di esso.

Io non ho bisogno di definire una forza dopo ciò che vi ho sin qui detto. Voi intenderete bastevolmente per questo vocabolo tutto ciò che imprime o distrugge il movimento. Montiamo su questa navicella, e studiamo un istante sovr'essa il movimento, onde l'*inerzia* sua sarà combattuta. Quand'io cerco d'allontanarla dalla sponda col mezzo di questo remo, la forza sta in me: è il giuoco de' miei muscoli che la produce. Io im-

primo alla navicella un movimento più o meno forte; e la velocità ch'ella acquista così per allontanarsi, è l'espressione di questo movimento. La misura della velocità e la misura del movimento significano una stessa cosa nel discorso ordinario.

Non ¹havvi velocità assoluta nel movimento. Se io remigo in modo da fare una lega all'ora contro la corrente, si dirà che io vogo velocissimamente: se avessi la corrente favorevole, si direbbe invece ch'io vogo lentissimo.

D'altronde, una velocità di due o tre leghe all'ora su questa barca, sarebbe assai minor cosa in paragone ad una velocità di dieci leghe all'ora sur una strada di ferro; e sarebbe poi prodigiosa in rapporto alla velocità con cui si muove una tartaruga. Veggonsi dei cavalli correre una lega in 2' 35". Questa velocità parrebbe il *non plus ultra*, l'ultimo confine: eppure la velocità degli uccelli è ancora più grande. Quella con cui gira un punto della superficie della terra, alla latitudine in cui siamo, è 12 volte quella del cavallo di cui vi ho parlato.

Quando io voglio che questa barca si muova, posso farlo in due modi: con una forza istantanea, un urto per esempio, o con una forza continua, tirando o spingendo ognora egualmente.

Importa poter calcolare queste forze, paragonandole ad una primitiva, siccome calco-

lammo l'estensione riferendola ad una primitiva appellata *metro*.

Le forze istantanee hanno per iscopo di produrre una velocità costante, perocchè il movimento, una volta impresso, persevera in virtù dell'inerzia. Per calcolare queste forze, si moltiplica la massa del mobile per la velocità acquistata. Se la massa è 2 chilogrammi e la velocità 50 metri per un minuto secondo, si dirà che la forza può essere espressa per 100.

Le forze continue danno una velocità ognora crescente, se elleno sono costanti; perocchè possono considerarsi come un urto producente una velocità costante, ripetuto un certo numero di volte. La velocità acquistata debbe dunque così ripetersi il numero di volte medesimo. Per calcolare queste forze, si moltiplica la massa del mobile per la velocità in un minuto secondo.

Le forze continue variabili sono più difficili a mettersi a calcolo, perocchè danno aumenti ineguali di velocità in eguali tempi.

MARIA. Parmi che una forza costante debba sempre produrre la velocità stessa. Un cavallo che tirerà sempre una carretta colla medesima forza, le darà sempre la velocità medesima.

MORIZIO. La velocità della carretta non aumenta, perchè il suo peso e l'attrito delle ruote formano una resistenza ognora nuova che neutralizza la forza. Ma immaginatevi che questa resistenza non ci fosse, e voi vedrete tosto la velocità

accrescersi. Così, fate rotolare una pietra dall'alto di una collina pressochè a perpendicolo, e la sua forza aumenterà di una maniera prodigiosa. Un corpo che cadesse dall'altezza di qualche pollice sulla vostra testa, non vi arrecherebbe gran male: ma lasciate cadere questo corpo, un grano di gragnuola, per esempio, da un'altezza grande, e lo sentirete vivamente *1.

Questa riflessione mi conduce naturalissimamente a parlarvi della gravità, risultamento immediato dell'attrazione universale. Ella è forse la più interessante fra le proprietà dei corpi.

Tutti i corpi s'attirano un l'altro, anche quando trovansi a distanze grandi, anche attraverso a tutte le sostanze, qualunque sia la natura o la quantità della materia che li compone. L'attrazione per noi più importante è senza contrasto quella che esercita la terra su tutti i corpi che sono alla superficie; ma essa non è la sola.

Cavendish ha constatato che, se due piccole palle fossero fissate alla estremità d'un tronco

*1. Dicesi *quantità di movimento* il prodotto della forza. Se si conosce la quantità di movimento che debb'essere impressa ad un corpo ed alla sua massa, si potrà giudicare della velocità ch'egli debbe avere, e *viceversa*.

Due forze sono eguali, quando, applicate ad un medesimo punto nelle due direzioni opposte, esse fanno equilibrio. Due forze eguali che si riuniscono per agire in una stessa direzione, formano una forza doppia, e danno una velocità parimenti doppia.

Veggasi il vocabolo *parallelogramma delle forze*.

leggero, sospeso nel mezzo ad un filo finissimo, una massa di piombo le attirerebbe. Brouguer provò pure, col soccorso di mezzi astronomici, che un filo a piombo non conservava la sua posizione verticale ai piedi del Chimborazo, ma sibbene deviavasi verso questa montagna di $7^{\circ} 1/2$.

Questa attrazione è generale: ella si può sufficientemente stabilire per induzione; ma è debolissima. L'attrazione di una massa tanto considerevole quanto è quella della terra, si fa appena sentire sui corpi leggeri. Del resto, l'azione della gravità sui corpi è la stessa, vale a dire ch'eglino tendono tutti del paro alla terra, o più esattamente, al centro di essa, che è pure il centro dell'attrazione universale.

MARIA. Questa volta considerate voi sempre l'aria come corpo?

ALBERTO. E il fumo dunque, e il vapore, e le nuvole? Tutto ciò non pare disposto a tendere al centro della terra. Importa dunque togliere i gaz dalla categoria dei corpi gravi.

MORIZIO. No davvero. Tutti i corpi sono gravi *1, vale a dire che tutti i corpi vengono attirati verso la terra, a meno che un ostacolo ne li

*1 Noi non parliamo qui della luce, del calorico e della elettricità, che i fisici dicono *elementi imponderabili*, e di cui non si conosce la natura. Questi elementi si sottrassero a tutte le indagini, quando si volle scoprire in essi un peso qualunque.

trattenga. È ciò che accade alle nuvole, di cui la materia è meno densa *1 che l'aria atmosferica. L'aria è dunque, non già attirata più vivamente, ciò che sarebbe inesatto, ma più fortemente rattenuta.

Ciò dicasi di tutti i corpi, di cui i pesi specifici sono differenti, ogniqualvolta le loro molecole sono abbastanza mobili per poter essere spostate senza sforzo dal corpo che debbe prendere il loro luogo sopra o sotto. Un pezzo di legno galleggia sull'acqua: un pezzo di ferro o di piombo galleggia sul mercurio. L'olio galleggia sull'acqua, come vedeste più volte.

La gravità è la stessa per tutti i corpi....

ALBERTO. Come? una palla di piombo è assai più pesante che una di sughero.

MORIZIO. Io non ho già voluto dire che il loro peso sia lo stesso.

MARIA. V'ha dunque differenza tra gravità e peso?

MORIZIO. Sì certo; benchè nel linguaggio ordinario si confondano soventi, come voi faceste poco fa. Io ho potuto dire, per esempio, che tutti i corpi erano attirati verso la terra con una velocità eguale, ma che non occorre la stessa energia per trattenerveli. La forza che attira i corpi è una: ella agisce nel modo medesimo su tutte le molecole di questa pietra, che cadrebbe

*1 Pesa meno sotto un volume stesso.

ben tosto s'io non la sostenessi. Prendo quante volete di queste pietre, ed elleno piomberanno tutte verso la terra, poco più poco meno nel tempo medesimo; ma m'occorrerà una forza tre volte maggiore per sostenerne tre, di quella che mi occorra per sostenerne una.

MARIA. Io peno molto a credere, malgrado ciò, che una palla di piombo ed una penna cadano colla velocità medesima.

MORIZIO. Niente v'ha di più vero, purchè facciate astrazione dalla resistenza dell'aria. Non è mica perchè questa foglia è leggera, ch'ella cade lentamente dall'albero; ma sibbene perchè ella presenta all'aria una superficie grandissima relativamente alla sua massa. Io non vi propongo di far cadere in un tubo, ove siasi fatto il vuoto, una foglia ed una palla di piombo; voi non sapete ancora fare il vuoto col mezzo di una tromba detta *macchina pneumatica*; ma noi non abbiamo bisogno di questa esperienza. Prendete la foglia che vedeste or ora cadere così lentamente, formatene una piccola palla, e lasciatela piombare. Credete voi ch'ella non cada più presto, che quando era spiegata in tutta la sua larghezza?

MARIA. Non mi occorre di provare per saperlo.

MORIZIO. Se voi trovavate poco fa che una palla di piombo debbe cadere più presto che una penna, è apparentemente, perchè il peso della penna è poca cosa. Ebbene, sostituite a questo peso il peso equivalente di un ago, e forse vedrete l'ago

cadere più presto che la palla di piombo. Non è dunque il peso dei corpi che influisca sulla loro lentezza nel cadere, ma sì la resistenza dell'aria. Ora, nel vuoto dove la resistenza è nulla, la velocità sarà eguale.

Un'altra esperienza colla foglia che cadeva così dolcemente. Se la sua leggerezza n'era la causa, essa cadrà più lentamente ancora se io la riduco a metà. Vado dunque a tagliarla in tondo come questa pezza da cinque lire; la pezza dovrà cadere assai prima della foglia. Nulla di tutto ciò, come vedete. Ebbi cura di porre al di sotto la pezza d'argento che ha subito rotta l'aria; la foglia seguì senza rallentare il suo corso, ed è caduta nel tempo medesimo.

MARIA. Io comprendo ora che la gravità è il risultato dell'attrazione che s'esercita egualmente su tutte le molecole, e che per conseguenza è invariabile *1. Ma *il peso?*

MORIZIO. È la forza necessaria per trattenerlo il corpo. Più il corpo avrà molecole attratte, più occorrerà di forza per mantenerlo in equilibrio.

ALBERTO. Questo è il peso ordinario.

MORIZIO. Appunto. Questo è variabile colla massa. Si può, sotto il rapporto del peso, esaminare un corpo in due modi. Può paragonarsi il corpo ad un dato peso che si prenda per unità

*1 Tutti i corpi cadono di 4^m9 in un minuto secondo nel vuoto.

senza che ci occupiamo del suo volume: possono inoltre paragonarsi due volumi eguali di due corpi, e constatare la differenza del peso *1. I fisici ed i chimici paragonano sempre i pesi relativi (*pesi specifici dei corpi*) all'acqua presa per unità, se si tratta di liquidi e di solidi, e all'aria se si tratta di gaz.

Quasi tutte le arti hanno frequentemente bisogno d'appiombo e di livello. Questi strumenti voi li conoscete senza dubbio; le loro proprietà sono dovute all'attrazione della terra.

Questa attrazione dirige tutti i corpi verso il centro della terra; tendete adunque un filo con un corpo molto pesante, e v'indicherà la direzione del centro. Questa linea s'appella linea d'appiombo, linea verticale.

ALBERTO. Io credeva che due pareti di casa, per esempio, stabilite bene a perpendicolo, fossero parallele: ma vi debb'essere più divergenza dalla parte del tetto: perocchè, se si suppongono queste mura prolungate al di sotto dalle fondamenta, eglino s'incontreranno al centro della terra.

MARIA. La terra ha, io credo, mille cinquecento leghe di raggio. Vorrebb'essere molto abile colui, che scoprisse sur una così piccola dimensione la divergenza più leggera.

*1 Il chilogramma è l'unità del peso legale: vale in circa otto libbre e due oncie. È il peso d'un decimetro cubo di acqua distillata al suo massimo grado di condensazione (+4° circa).

MORIZIO. Avete ragione. Diremo altrettanto della linea orizzontale che trovasi a perpendicolo sulla prima, e che non è più diritta di essa. Nella pratica, si riguarda tuttavia come diritta perfettamente. La verticale è tracciata dal filo a piombo: l'orizzontale, dal livello. Si conoscono differenti modi di livelli, fondati sulla mobilità dei liquidi, di cui le molecole tendono ognora egualmente verso il centro della terra, e per conseguenza a formare una linea orizzontale.

ALBERTO. Io non veggio la necessità di questa conseguenza.

MORIZIO. Ella è tuttavia palpabilissima. Se un punto d'un liquido fosse più lontano che l'altro dal centro della terra, esso tenderebbe a cadere, e cadrebbe in effetto, perocchè niente lo trattiene, essendo tutte le molecole mobili.

ALBERTO. Verissimo. Io osservo ancora che, s'ellenofossero isolate senz'essere perfettamente mobili, una leggera scossa stabilirebbe prontamente il livello: è così che può livellarsi una polvere in un vaso.

MARIA. Vorrei sapere come i corpi s'attirino?

MORIZIO. Questo è un mistero per noi fin adesso impenetrabile. Può suppersi che Dio abbia data questa proprietà alla materia, creandola, di modo che ella potesse goderne in distanza e senza intermedi: si può supporre anche l'esistenza di un fluido particolare, l'*etere*, che avrebbe una propensione eguale ad unirsi a tutti i corpi, e che,

non potendo procedere verso l'uno senza abbandonare l'altro, li attirerebbe egualmente verso se stesso. Ma le ipotesi sono inutili: noi non conosciamo la causa dell'attrazione. Ella tuttavia esiste, in qualunque modo Dio ne abbia stabilito l'esercizio; essa è universale, e l'azione sua non s'arresta al nostro globo.

ALBERTO. L'uomo non sospetta di nulla. Come ebbe potuto saperlo?

MORIZIO. Non v'ha forse cose meglio conosciute al mondo che gli astri; la geografia astronomica non va più da lungo tempo a tentone. Essa è certo la scienza più meravigliosa fra le naturali. Vado a darvene un'idea. Tutto ciò che vi dico, proviene naturalmente dalla *gravità* e dall'*inerzia*. Gli è da queste due proprietà, per esempio, che si conchiuse dapprima, la terra essere rialzata verso l'equatore e schiacciata ai poli.

MARIA. Come ciò poté misurarsi? È un'opinione: ecco tutto.

MORIZIO. Un'opinione! i marinai sarebbero ben infelici, se questa non fosse che un'opinione erronea. Supponete alla terra la forma allungata d'un cedro avvece di quella un po' rialzata della melarancia. I gradi indicati sulle carte non avrebbero la lunghezza che si crede, e in tale circostanza non solo un vascello non troverebbe la sua via, ma non gli sarebbe possibile evitare gli scogli.

MARIA. Vorrei sapere come si venne a studiare la *rotondità* della terra.

MORIZIO. Non mi è qui possibile insegnarvi l'astronomia: mi contenterò dunque di dirvi, come s'ebbe potuto, esaminando il movimento degli astri, sapere a qual momento, per esempio, la terra dovrebbe intercettare i raggi del sole mentre si riflettono, sia sulla luna, sia sur un altro pianeta. Se si giunse, come l'esperienza lo prova, a determinare, col mezzo di una frazione d'un minuto secondo circa, l'istante del fenomeno e l'ampiezza dell'ombra, è impossibile l'essersi ingannati sulla figura della terra.

ALBERTO. So per parte mia, che in un'eclisse di luna, l'ombra della terra si proietta a tondo sur un pianeta.

MORIZIO. Non mettiamoci troppo addentro nell'astronomia. Ecco un'esperienza concludentissima, che ci sarà bastevole. Richer, recandosi nel 1672 a Caienne *1, trovò che il suo orologio a pendolo (a bilanciere), esattissimamente regolato per fare osservazioni astronomiche, tardava ogni giorno di 2' 28". Questa importante scoperta occupò tutti i dotti: perocchè bisognava conchiudere che, se la velocità del pendolo era minore, si è perchè la *gravità* trovavasi meno grande, perchè l'attrazione della terra era meno

*1 Sotto la zona torrida, ad un centinaio di leghe solamente dall'equatore.

intensa, è infine perchè la distanza dal centro della terra a questo punto era più considerevole che a Parigi.

MARIA. Non veggio in tutto ciò alcun rapporto.

MORIZIO. Voi comprenderete tosto. L'attrazione della terra è una forza continua e costante. Ora, noi vedemmo che queste sorta di forze danno in tempi eguali, non già un'eguale velocità, ma un'accelerazione eguale del movimento primitivo. I corpi debbono dunque essere attirati più vivamente verso la terra, a misura che eglino s'avvicinano al centro. A tutto rigore, la gravità non è qui la stessa, come sull'alto della torre che domina questa collina: è vero che tale differenza è impercettibile, perocchè noi vedemmo che l'attrazione è una forza poco considerevole; e siccome v'ha 1,500 leghe da qui al centro della terra, se questo corpo sia attirato un migliaio di metri più vicino o più lontano, la differenza non può essere sensibile. Ma a misura che la distanza s'accresce, ella debb' essere calcolabile: di fatto, il pendolo ne tiene conto.

ALBERTO. Che è dunque il pendolo?

MORIZIO. Andate a fissare un capo di questo cordoncino a un ramo d'albero, attaccando una pietra all'altro capo; ecco un *pendolo*.

MARIA. Non è difficile il costruirlo.

MORIZIO. È un apparecchio sommamente utile: lo vedrete. Questo pendolo ha un metro poco più poco meno giusto fra il centro di gravità

della pietra e del ramo. Fatelo muovere, e contate le oscillazioni, guardando nel vostro orologio il numero che se ne può avere in un minuto.

ALBERTO. Una sessantina circa.

MORIZIO. Lo sapreste assai più esattamente, se contaste così i movimenti del pendolo per ventiquattro ore, o piuttosto se aveste una macchina che da sè li contasse; perocchè un decimo di secondo di differenza per minuto, darà un secondo intero ogni dieci minuti, e per conseguenza un minuto intero in seicento minuti o dieci ore, e due minuti in ventiquattro. Un pendolo che battesse solo cinquantanove minuti e $\frac{9}{10}$, invece di sessanta per minuto, farebbe poco più poco meno come l'orologio di Richer.

ALBERTO. Tutte le oscillazioni sono elleno perfettamente eguali?

MORIZIO. Ricominciate l'esperienza spingendo più forte, e contate....

ALBERTO. Sessanta egualmente. L'oscillazione è più rapida, ma lo spazio percorso è più grande; v' ha dunque compensazione.

MARIA. Intanto il pendolo finirà per arrestarsi.

MORIZIO. Sì, a motivo della resistenza dell'aria, e della ruvidezza della corda al punto in cui si piega. Nel vuoto, se ogni resistenza fosse annullata, il pendolo più non si arresterebbe; la è conseguenza necessaria dell'inerzia. Vedremo esaminando le macchine, che gli orologiai neutralizzano questa resistenza con una molla od un peso.

Il movimento del pendolo è dovuto all'attrazione esercitata dalla terra. Quando avete presa in mano la pietra di questo per imprimergli un movimento, voi l'avete innalzata tenendo la corda tesa. Il suo peso la trascina alla circonferenza del circolo ch'ella può descrivere; e giunta al punto più basso del suo corso con una velocità più grande, perocchè piomba, ella continua questo corso risalendo dal lato opposto, sino a che la forza acquistata in seguito dell'attrazione nella prima metà dell'oscillazione, sia stata neutralizzata dalla forza medesima in senso inverso.

MARIA. Siccome è la forza stessa che obbliga la pietra a discendere, e che l'impedisce in seguito di salire, la prima metà dell'oscillazione debb'essere eguale alla seconda.

ALBERTO. Vale a dire che la pietra debbe riascendere a sinistra all'altezza da cui è discesa a destra.

MORIZIO. Precisamente.

MARIA. Ah! ecco che io ottengo oscillazioni assai più brevi; badate.

MORIZIO. È semplicissima cosa; la vostra corda è incrociata: il pendolo è più corto. Se comprendete bene la causa dell'oscillazione, ciò non debbe maravigliarvi. Quando il raggio d'un circolo è più lungo, la circonferenza è più grande, il corpo che lo percorre fa maggiore cammino per cadere da minore altezza. Non entrerò io nei calcoli che determinano le relazioni fra la

lunghezza dell'oscillazione e la lunghezza del raggio. Basta solo che voi sappiate, per avere delle oscillazioni doppie, doversi ridurre il pendolo al suo quarto, e per averle triple, al suo nono *1.

ALBERTO. Adesso che io conosco il pendolo, credo comprendere ciò che avvenne a Richer. Il pendolo del suo orologio batteva più lentamente, e l'orologio ritardava. Si dovette concludere, come ci diceste, che l'attrazione era minore, e che la distanza dal centro della terra era più grande.

MORIZIO. Appunto così; più grande di circa quattro leghe.

MARIA. Di tanto!

MORIZIO. Di questo risultato non è poi a stupire. Il movimento della terra debbe farlo sup-

*1 La legge di cui è qui questione, così si esprime : *Le lunghezze sono fra di loro come i quadrati dei tempi*, poichè una lunghezza doppia richiede un tempo quadruplo. I matematici, esprimendo per L ed L' la lunghezza dei due pendoli, e per T e T' la durata delle oscillazioni, indicano così la legge :

$$L : L' :: T^2 : T'^2$$

D'onde si ricava uno qualunque dei quattro termini, purchè si conoscano i tre altri, secondo la principal legge delle proporzioni.

La lunghezza del pendolo che batte i secondi alla latitudine di Parigi, è di 0^m,993846, o quasi 994 millimetri. Sotto l'equatore, la lunghezza non debb'essere che di 0^m,990925, circa 991 millimetri.

porre. Difatto, la terra gira intorno a se medesima con una grande velocità; i poli tuttavia non debbono partecipare a questo movimento, come potete vederlo traversando una mela con una bacchetta assai lunga e facendola girare. Al contrario, le parti più lontane dal centro debbono gonfiarsi, se elleno sono libere, in seguito alla forza centrifuga di cui ragionammo. Or si può ammettere, senza offendere in nulla le nostre cognizioni acquistate, che la terra, di cui i tre quarti sono già formati d'acqua, fu, nel momento in cui Dio le diede moto, più molle in tutte le sue parti ch'ella non è adesso. Il suo moto di rotazione e la sua forma sono dunque perfettamente di accordo. Importa perciò, nel calcolare la forza d'attrazione della terra all'equatore, tenere in qualche conto l'azione della forza centrifuga *1.

La convinzione in cui erasi, che la terra avesse

*1 Newton trovò che la forza centrifuga all'equatore è di $1/289$ della forza d'attrazione.

Tutti i dati astronomici sono conformi a questi principii. Eccone un esempio: Dalle macchie che gli astronomi distinguono sulla superficie di *Giove*, può giudicarsi che questo pianeta gira intorno al suo asse in meno di nove ore e mezzo. Se ciò è vero, siccome la sua massa è trecento volte più grande che quella della terra, debb'essere assai più rigonfia all'equatore che non la terra medesima: gli è ciò che esiste di fatto. La differenza fra i due diametri della terra è di $1/830$; la differenza fra i due diametri di *Giove* è di $1/22$. Il calcolo indica assai bene il risultato di queste osservazioni.

la forma d'una melarancia e non quella di un cedro, fu tolta dai lavori astronomici che il governo francese commise al celebre Cassini. Questi lavori consistevano nel misurare un grado di latitudine, per determinare la sua estensione. Cassini, in opposizione alle idee ricevute, trovò che un grado verso il nord era sensibilmente più piccolo che un grado verso l'equatore. Ora, dietro a tutte le esperienze, doveva avvenire il contrario. Così non si stette paghi alle esperienze del Cassini. Elleno furono ricominciate con maggiore sollecitudine, e la scienza a' dì nostri non lascia più nulla a desiderare intorno a questo soggetto.

L'attrazione non esiste solamente per la terra e sulla terra. Tutti i corpi celesti partecipano alle leggi medesime, come il genio di Newton ci fece aperto. Sdraiato una volta sotto un melo, Newton ne ebbe un frutto sulla testa, e il dolore che ne sentì, gli fece fare profonde considerazioni. Se questa mela fosse caduta da maggiore altezza, disse egli, il colpo mi sarebbe stato assai più sensibile: ma se ella fosse caduta da altezza ancora più grande, avrebbe potuto uccidermi. E se fosse caduta dall'altezza della luna... che ne sarebbe venuto? Ed ecco Newton che calcola, lavora per giudicare l'azione della gravità sur una mela all'altezza della luna. Se questa mela fosse di là caduta, anche la luna dovrebbe cadere. Perchè dunque non cade? che

cosa la trattiene? Non sarebb'egli a motivo della forza centrifuga, questa medesima forza che impedisce all'acqua di cadere dal vaso aperto in cui la fate girare in capo ad una corda; non sarebb'ella questa forza centrifuga che ritiene, alla circonferenza del circolo descritto intorno alla terra, questo pianeta che l'attrazione della terra medesima dovrebbe far cadere sopra di se stessa?

La risposta a tutte queste domande coincideva così bene con ciò che la teoria insegnava intorno al movimento dei corpi, da condurre Newton a non più riguardare la luna se non come una bomba slanciata da Dio, prendente il suo corso intorno al nostro globo *1.

E non solo alla terra ed al suo satellite debbesi ella applicare la legge della gravità: ella si applica a tutti gli astri, e lascia perfettamente prevedere le perturbazioni o i disordini che il loro corso offre talvolta. Una cometa osservata nel 1682 doveva ricomparire nel 1757; ma ella passò troppo vicina a Giove e a Saturno per subire l'influenza dell'attrazione di questi pianeti. Un celebre astronomo, Clairault, annunziò che ella non ci sarebbe visibile se non due anni più tardi, a motivo di questa influenza. Egli s'ingannò tuttavia di due mesi. I metodi somministrati di poi da Laplace per fare i medesimi calcoli, con-

*1 Si vedrà più sotto, che un proiettile una volta slanciato sulla terra con assai grande forza, non cadrebbe più, ma girerebbe sempre.

durrebbero a' dì nostri a risultamenti del tutto rigorosi.

Per molto tempo, il fenomeno del flusso e riflusso del mare fu inesplicabile. Il sistema di Newton sull'attrazione universale dà la più soddisfacente spiegazione intorno a questo fatto.

MARIA. Il flusso e riflusso del mare non è egli ciò che si chiama la marea?

ALBERTO. Sicuro! è il movimento che fa il mare per salire e discendere due volte in ventiquattro ore. Tu te ne ricordi benissimo, che all'Havre, quando la marea è bassa, i bastimenti restavano senz'acqua: erano necessarie delle chiuse per rattenere l'acqua nei bacini in cui trovavansi i navigli. All'ora dell'alta marea, l'acqua ritornava da sè, e n'entravano sei metri in poco tempo nel porto.

MORIZIO. Questo fenomeno è lo stesso in tutte le parti dell'Oceano, benchè non si presenti dappertutto alle stesse ore. Nel Mediterraneo è poco sensibile; nei laghi non ha luogo.

Le leggi dell'attrazione lo spiegano bastevolmente. Il fenomeno delle maree ha un vincolo assai intimo colle rivoluzioni della luna; è un fatto così bene constatato dalla esperienza, che nessuno a dì nostri lo revoca in dubbio. Ora, se l'attrazione ha luogo della terra verso la luna e reciprocamente, la luna dovrà per sua parte attirare le molecole mobili che si troveranno sotto di essa.

Supponiamo la luna sull'orizzonte. Il punto più vicino ad essa è il più attratto: il punto diametralmente opposto debb'esserlo meno. I punti intermediarii, sollecitati diversamente dall'attrazione della terra e da quella della luna, obbediscono, se sono mobili, alla risultanza di due forze, e si premono più o meno contro il nocciolo del globo. Il mare sarà dunque rigonfiato nel tempo medesimo su due punti opposti, e schiacciato più o meno sotto gli altri. Questo fenomeno della marea avrà dunque luogo, per un dato punto, quando la luna sarà al di sopra di questo punto, perchè essa l'attirerà più che gli altri. Vi avrà egualmente luogo, quand'ella sarà direttamente al di sotto, perchè questo punto sarà il meno attirato e ricalcato al contrario dagli altri. Il medesimo effetto si riprodurrà dunque da queste due differenti cause, due volte in ventiquattr'ore e tre quarti, poichè è questo il tempo della rivoluzione diurna della luna *1. Le maree avranno dunque luogo due volte al giorno, e ritarderanno ciaschedun giorno di tre quarti d'ora.

MARIA. Ho sentito dire che il momento della marea non coincide esattamente colla presenza della luna sull'orizzonte, o esattamente al di sotto.

*1 Noi parliamo qui dietro l'uso ordinario, come se la luna girasse in ventiquattr'ore e tre quarti intorno alla terra. Poco importa che sia la luna che gira o la terra che presenta le sue diverse facce alla luna; il risultato è lo stesso.

MORIZIO. Gli è perchè il perturbamento delle acque, prodotto dalla forza che le commove, non può farsi in un moto istantaneo. Esso è d'altronde contrariato dall'attrazione assai più forte della terra.

Lo stabilimento della marea varia nei differenti porti, secondo i maggiori o minori ostacoli che presenta alla corrente la configurazione delle parti.

ALBERTO. I marinai sanno bene che debbono esservi maree più o meno forti, così io credo: le maree delle nuove e delle piene lune sono assai più considerevoli che le altre. La luna è ella allora più vicina alla terra?

MORIZIO. Non sempre: e, in tutti i casi, non abbastanza perchè il risultato sia sensibile. La ragione di questo aumento di marea viene dall'azione del sole che, a queste epoche, agisce nel medesimo senso al momento medesimo *1. Gli è a questa doppia azione, nelle circostanze più favorevoli, vale a dire al momento degli equinozi, quando sono entrambi sotto l'equatore, che debbe attribuirsi la forza straordinaria delle maree.

Mi duole di dovervi indicare troppo sommarientemente così curiosi fenomeni astronomici; ma

*1 La luna è nuova, quand' ella cammina poco più poco meno col sole, quando la loro rivoluzione coincide. La luna è piena al contrario, quando si leva al momento in cui il sole si corica.

non importa dimenticare che altre maraviglie ci restano a studiare, le quali entrano in un modo più diretto nel nostro scopo.

Conchiudo il nostro Trattenimento d'oggi con alcune parole sull'attrazione molecolare, che importa ben distinguere dall'attrazione universale.

Come il suo nome lo indica, questa attrazione non si esercita che sulle molecole dei corpi a distanze insensibili. Vedemmo già che i corpi sono porosi, comprimibili e via. Più progrediamo, e più queste proprietà tenderanno a provarci, che in natura le molecole dei corpi sono attratte una verso l'altra da una forza la quale ne costituisce la maggiore o minore solidità. Considerata sotto questo aspetto, l'affinità dicesi aderenza.

L'aderenza è altrettanto più grande fra due corpi, quanto maggiori molecole di ciaschedun corpo sono in contatto. Così due vetri ben puliti messi a contatto aderiscono fra loro. Se due corpi solidi non hanno una superficie perfettamente liscia, si potrà produrre l'aderenza *bagnandoli* con acqua od olio. Ecco due pezzi di vetro che non aderiscono, s'io li pongo uno sull'altro, quando eglino sono asciutti; ma se li bagno, l'aderenza si stabilirà per mezzo del liquido, che si rimetterà nei pori del vetro, moltiplicando i punti di contatto. Può farsi altramente l'esperienza. Attacciamo sotto il piatto d'una bilancia una lastra di vetro con un filo assai robusto: questa piastra sia bene orizzontale sotto

al piatto: poi stabiliamo l'equilibrio con de' pesi. Se noi presentiamo in seguito alla lastra un vaso pieno d'acqua, l'acqua ed il vetro aderiranno in tal guisa, che bisognerà aggiungere un peso assai forte per far innalzare l'altro piatto. Dietro Gay-Lussac fanno duopo 59 gr. 4 per distaccare un disco di 118 millimetri di diametro. Questa esperienza misura esattamente l'adesione delle molecole d'acqua fra loro, ma non l'adesione del vetro all'acqua, perocchè il disco resta bagnato. Questa adesione è dunque più forte.

Non sarebbe lo stesso del mercurio, perocchè questo liquido non bagnerebbe il disco di vetro; qui sarebbe il vetro che si distaccerebbe dal mercurio. L'adesione delle molecole di mercurio fra loro è dunque più forte. Gay-Lussac ha trovato che farebbero duopo nella stessa esperienza cento cinquanta grammi per distaccare il disco dal mercurio. L'adesione dei liquidi o la loro affinità è assai sensibile per la maggiore o minore disposizione ch'essi hanno a formare delle goccioline rotonde. Questa disposizione già pronunziatissima nell'acqua lo è ben più ancora nel mercurio. Voi non potete gettare una piccola quantità di mercurio sur una tavola senzachè si formi una grande quantità di goccioline: per ottenere questo effetto coll'acqua, importerebbe spargere la tavola di polvere finissima, che impedisse all'acqua di aderire al legno, per cui essa ha molta affinità.

L'attrazione esercitata sui gaz dai solidi è assai decisa. Può dirsi che v'ha uno strato d'aria aderente alla superficie di tutti i corpi. Malgrado la gravità specifica dell'oro, una foglia sottile di questo metallo comincia dal galleggiare sull'acqua, l'olio e l'alcool. Se prendo un ago finissimo e bene asciutto, e lo poso dolcemente in un bicchier d'acqua, esso non andrà a fondo. Il carbone assorbe una quantità enorme di certi gaz: si disinfettano perfettamente le vivande corrotte, le latrine e simili, con carbone poroso. Alcune libbre di carbone tolgono compiutamente in meno d'una notte l'odore del tabacco bruciato sparso in una camera.

Io non mi fermerò molto sulla ripulsione che combatte questa attrazione esercitata dalle molecole una sull'altra. Che questa ripulsione abbia origine dall'esistenza del calorico, dell'etere e simili, nol sappiamo; è però certo ch'essa esiste, perocchè senz'essa i corpi non sarebbero nè comprimibili nè elastici. Essa è soprattutto considerevole sui gaz, di cui sposta le molecole con molta forza per renderli invisibili.

MARIA. Come le molecole diventano invisibili quando sono spostate?

MORIZIO. Una lastra di ferro più sottile che si voglia sarà sempre opaca; ma se con questo ferro fate una tela metallica, vedrete perfettamente la luce attraverso le maglie. Se il filo è eccessivamente fino, voi vedrete la luce come se il filo

non vi fosse. L'effetto si produrrà assai meglio, se invece d'un filo continuo voi avete delle molecole isolate *1.

Secondo che le molecole dei corpi hanno maggiore o minore adesione fra loro, dicesi che i corpi sono solidi, come il ferro, il legno, la sabbia e simili; o liquidi, come il mercurio, l'acqua e via: o gassosi, come l'aria. Un gran numero di corpi affettano questi diversi stati, secondo che il calore scarta più o meno le loro molecole. Giusta lo stato in cui si trovano, hanno

*1 I corpi cambiano di *densità* a misura che le loro molecole sono più o meno spostate. Può dunque misurarsi la densità dei corpi esaminando il loro peso sotto un dato volume. Esaminando l'acqua a $+4^{\circ}$, trovasi che un decimetro cubo pesa un chilogr.; è qui il punto di paragone che s'adotta generalmente pei liquidi e pei solidi. In generale pesate prima un'ampolla, e riempitela d'acqua distillata a $+4^{\circ}$, poi pesate il tutto. Quindi riempite l'ampolla d'un altro liquido che voi volete paragonare, e pesate di nuovo. Se troverete che quest'altro corpo pesa il triplo, direte che la sua densità o peso specifico è 3, la densità dell'acqua essendo 1.

Il peso totale = al volume moltiplicato pel peso specifico.

Il volume = al peso totale diviso pel peso specifico.

Il peso specifico = al peso totale diviso pel volume.

Pei gaz è l'aria che serve di punto di paragone. Il suo peso normale s' esprime per 1. Il peso dello stesso volume degli altri gaz s' esprime per 2, 3 ovvero 4, secondo che è 2, 3 ovvero 4 volte più grande.

Per paragonare i gaz cogli altri corpi, basta sapere che uno stesso volume d'acqua (sia un litro) pesa 1,000 gr.,

proprietà particolari o proprietà meccaniche, che noi studieremo nei Trattamenti prossimi.

ovvero 1 chil. L'aria pesa 770 volte meno, ovvero 1 gr. 3.

Ecco la densità o peso specifico dei corpi più comuni:

SOLIDI.

Platino fucinato	20,34	Vetro Saint-Gobain	2,49
Oro fucinato	19,36	Porcellana di China	2,38
Piombo fuso	11,35	— di Sèvres	2,15
Argento id.	10,47	Zolfo naturale	2,03
Rame id.	8,79	Avorio	1,92
Stagno id.	7,29	Carbone di terra com-	
Ferro	7,20	patto	1,33
Zinco	6,86	Ghiaccio	0,93
Rubini orientali	4,28	Faggio	0,85
Zaffiro id.	4,00	Frassino	0,84
Diamante	3,53	Abete	0,66
id.	3,50	Tiglio	0,60
Perle	2,75	Pioppo	0,38
Cristallo di roccia	2,65	Sughero	0,24

LIQUIDI.

Mercurio	13,60	Vino di Bordeaux	0,994
Acido solforico	1,84	— di Borgogna	0,991
Acido azotico(nitrico)	1,51	Olio d'oliva	0,915
Latte	1,03	Essenza di terebintina	0,868
Acqua di mare	1,026	Alcool del commercio	0,840
Acqua distillata	1,000	Etere	0,715

GAZ.

	peso del litr.	densità.		peso del litr.	densità.
Idrogene	0,09	— 0,069	Aria	1,30	— 1,000
Ammoniaca	0,77	— 0,591	Ossigene	1,43	— 1,103
Azoto	1,27	— 0,976	Acido carbon.	1,98	— 1,524
Idrog. bicarb.	1,27	— 0,978	Cloro	3,21	— 2,426

Cavendish ha calcolato che la densità media del globo è di 5 1/2.

TRATTENIMENTO TERZO.

Principii di meccanica. — Caduta dei corpi. — Macchina di Athood. — Proiettili. — Equilibrio dei corpi. — Centro di gravità. — Equilibrio dei corpi umani.

« Ora passeremo in rivista i principii che servono di base alla meccanica.

MARIA. La meccanica è probabilmente la scienza delle macchine.

MORIZIO. Non intieramente: è *la scienza dell'equilibrio e del moto*, che le macchine servono a comunicare e a dirigere.

ALBERTO. Così l'uso delle macchine è l'applicazione della scienza, piuttosto che la scienza medesima.

MORIZIO. Verissimo. Tuttavia, nello sviluppo dei principii meccanici, noi non separeremo l'applicazione dalla teoria.

Io mi fermai molto sulle leggi dell'attrazione universale ovvero la gravità. Vi diedi degli esempi dell'azione di questa forza; importa nulladimeno dedurne le conseguenze pratiche, ed esaminare più davvicino, ciò che si passa nella caduta dei corpi.

Dapprincipio, la caduta d'un corpo nell'aria, voi ve ne ricorderete, è soggetta alle medesime leggi, qualunque sia il peso specifico.

DUCOIN - GIRARDIN. *Fis.*

MARIA. Sì bene, una foglia cade altrettanto presto che una pietra in circostanze simili, vale a dire quando l'aria non è di ostacolo.

MORIZIO. Noi non possiamo fare un passo di più senza esaminare se i corpi cadano più rapidamente alla fine che al principio del loro corso.

MARIA. Essi debbono cadere più rapidi: se una mela cadendo da dieci metri di altezza fa più male che se cade da un metro, ed è l'esperienza di Newton, si è perchè la velocità si accresce.

ALBERTO. Di fatto, come voi diceste, l'attrazione della terra è una forza costante che dà non una velocità eguale, ma accrescimenti eguali di velocità in eguali tempi.

MORIZIO. Ben ricordato. Ma per rendervi la cosa più sensibile, importa che l'esperienza venga a confermarlo. Fatevi un pendolo che batta i secondi, e lasciate cadere un soldo da un'altezza di 4^m9 (quindici piedi francesi): voi vedrete che il soldo impiegherà proprio il tempo d'una battuta del pendolo a cadere a terra.

ALBERTO. Se facevasi questa esperienza ad una certa altezza, doveva esservi una differenza.

MORIZIO. Ciò a tutto rigore è verissimo: ma la differenza sarebbe solo d'un centimetro all'altezza d'una lega e mezza. Questa differenza non potrebbe essere sensibile al pendolo che dopo un certo tempo. Voi vi ricordate dell'orologio di Richer sotto l'equatore.

MARIA. Ecco che va bene pel primo secondo; ma per l'altro che avverrà egli?

MORIZIO. Newton e Désaguliers constatarono che in due secondi una palla cadeva non da 9^m8 , ma da 19^m6 , e da 44^m1 in tre secondi: così di seguito.

ALBERTO. Come sarebbe a dire così di seguito? V'ha egli alcun rapporto fra queste cifre?

MORIZIO. Sì certo. Con numeri più semplici voi comprenderete meglio.

In 1" un corpo cade da un'altezza A

In 2" 2 volte 2 = 4A

In 3" 3 volte 3 = 9A

In 4" 4 volte 4 = 16A e via *1

Voi sapete che A vale 4^m9 ; fate la moltiplica e avrete lo spazio percorso.

Lo spazio percorso nel primo minuto secondo essendo 1A, quello proprio all'altro secondo sarà 3A, quello del terzo 5A, quello del quarto 7A e via via, togliendo al numero totale lo spazio percorso nei secondi precedenti.

La conseguenza di questa osservazione è, che gli spazi percorsi in ogni secondo isolatamente

*1 Questa legge s'esprime così : *Gli spazi percorsi sono i guardati dei tempi.*

Siano E ed E' due spazi, e T, T' i tempi corrispondenti; si ha la proporzione :

$$E : E' :: T^2 : T'^2$$

Dal che si può conchiudere il valore di E' ovvero T', purchè si conoscano gli altri tre termini.

sono fra loro come i numeri dispari 1, 3, 5, 7.... Il moto si accelera dunque velocissimamente *1.

*1 L'attrazione essendo una forza continua, essa darà a ciascedun minuto secondo un nuovo grado di velocità A. Il resto si comporrà della velocità acquistata dalla caduta nel secondo precedente.

Così ammettiamo, per rendere il calcolo più facile, $A = 5^m$ invece di 4^m9 ; la velocità $3A$ dell'altro secondo è composta della velocità $A(5^m)$ propria a ciaschedun secondo, e $2A(10^m)$ velocità acquistata.

La velocità $5A$ è egualmente composta di A e di $4A(20)$, velocità acquistata nel secondo precedente. Se si riuniscono così i numeri affine di paragonarli, si troverà:

Tempo	1 ⁿ	velocità acquistata	10 ^m
—	2 ⁿ	—	20 ^m
—	3 ⁿ	—	30 ^m e via.

La velocità acquistata è dunque proporzionata ai tempi.

Esprimendo le velocità per V, V' , e i tempi per T, T' , si avrà in proporzione:

$$V : V' :: T : T' \quad (A)$$

ovvero $V^2 : V'^2 :: T^2 : T'^2$

Noi abbiamo già $E : E' :: T^2 : T'^2 \quad (B)$

dunque $E : E' :: V^2 : V'^2 \quad (C)$

Vale a dire: *Gli spazi percorsi sono come i quadrati delle velocità.*

APPLICAZIONE. 1° Una pietra impiegò 2^m5 a cadere in un pozzo. Qual è la profondità di esso?

La proporzione (B) me ne dà lo scioglimento:

$$E = 5^m \quad \text{spazio percorso in } 1^m.$$

$$T = 1$$

$$T' = 2^m5 \quad \text{secondo il problema.}$$

$$E' \quad \text{è l'incognita} = x.$$

La proporzione è dunque $5^m : x :: 1^m : 6,25$.

FIGURA I.

Athood, fisico inglese, inventò, affine di verificare la legge della caduta dei corpi, una macchina che io non posso passare sotto silenzio. Ella può ridursi ad una piccola puleggia F, su cui fate passare un filo, portante alle sue estremità due pesi eguali A B. Se imprimo un movimento ad uno dei pesi, si stabilisce un movimento eguale in virtù dell'inerzia, perocchè l'attrazione è nulla. Se aggiungo un peso all'uno dei due, si stabilisce un movimento accelerato, conforme ai principii stabiliti più sopra: ma conviene osservare, che questo novello peso è co-

Il prodotto degli estremi essendo eguale al prodotto dei medii, ne conchiudo, $x = \frac{6,25 \times 5}{1} = 31^m,25$ profondità del pozzo.

2° Quanto tempo importa ad un corpo per cadere da 150^m?

La stessa proporzione (B) dà $5 : 150 :: 1 : T^2 = \frac{150}{5} = 30$.

T ovvero il tempo cercato = $5^{\prime\prime} \frac{1}{2}$.

3° Qual è la velocità acquistata in $2^{\prime\prime} \frac{1}{2}$?

Si troverà nel modo stesso colla proporzione (A).

4° Qual è il tempo necessario per acquistare una velocità di 50^m per secondo?

Medesima proporzione.

5° Qual è la velocità di un corpo che cadde da 50^m?

Proporzione (C).

6° Da quale altezza un corpo debb'egli cadere per acquistare una velocità di 50^m per secondo?

Proporzione (C).

stretto a strascinare con lui l'altro: essi dividono dunque insieme la velocità acquistata. Ora se il peso addizionale non è che un centesimo del peso totale, la velocità acquistata non sarà che il centesimo di quella che acquisterebbe se fosse solo. La velocità, così ridotta, è assai più facile a calcolarsi, perchè il movimento si fa lentamente lungo un regolo graduato L R.

È facile, colla macchina di Athood, verificare le due leggi che enunciammo, e che eranostate scoperte lungo tempo prima: un anello che si fissa dovunque lungo il regolo, per esempio in O, ritiene il peso addizionale, che è più largo, ad una certa altezza: il peso primitivo A passa attraverso l'anello e continua a discendere con moto uniforme a motivo della velocità acquistata.

Vedete che v'ha un mezzo semplicissimo di verificare quanto venne da noi stabilito.

MARIA. È ella cosa molto utile il sapere algiusto la velocità di un corpo nella caduta? So che, se una pietra cade, importa guardarsene con premura: io non ho bisogno di calcolare la gravità della sua caduta.

MORIZIO. Voi m'avete sin qui avvezzato a considerazioni più serie: pare che i ragguagli in cui sono costretto ad entrare vi arrechino fatica, e vorreste scusare la vostra disattenzione con questo motivo, che i principj non hanno vantaggio alcuno. Questa disposizione del resto è assai comune. Che importa egli di ciò? a che serve egli tutto ciò?

Checchè ne sia, sono lunge dal volere spiegarvi i principii senza toccare della loro applicazione. V'ho già parlato del profitto che l'astronomia trae dalla esatta conoscenza dell'attrazione della terra e dei corpi celesti; e l'astronomia non è una scienza puramente speculativa, perocchè la geografia e la nautica ne ricavano grandi soccorsi *1. Vedremo più sotto quali lumi si tirano da questi principii, affine di calcolare le cadute d'acqua, che hanno tanta importanza nell'industria. Ma, ditemi, che sono eglino que' legni che si scorgono laggiù sulla sponda del fiume?

MARIA. Sono bastoni che si piantano, e chiamansi *pali*. Servono a fabbricarvi sopra le cosce d'un ponte.

MORIZIO. Questi pali hanno eglino bisogno di venir piantati solidamente?

MARIA. Secondo il peso che vuolsi far loro sorreggere.

MORIZIO. Io comprendo che quando si fabbrica su questi pali, in mancanza di metodi per approfondire convenientemente le fondamenta, si brama sapere in modo esatto se il peso della costruzione non farà cedere i pali. Comprendo inoltre che non voglionsi fare più spese del convenevole; perocchè infine è un'operazione costosa. Vedete voi come questi pali si piantano?

MARIA. Certo. Alcuni uomini girano una ma-

*1 Veggansi le applicazioni alla nota antecedente, pag. 52. Queste applicazioni possono moltiplicarsi assaissimo.

novella che fa salire un enorme martello di ferro. Giunto ad una certa altezza, il martello si distacca da una tenaglia, la quale s'apre quando i suoi bracci sono serrati salendo. Esso cade sulla testa del palo, strisciando lungo una scanalatura che gli impedisce di uscire dalla linea.

MORIZIO. E non comprendete voi essere necessario che il martello pesi altrettanto su ciaschedun palo, quanta parte di fabbrica deve sostenere? Non comprendete voi che, se l'impresario è costretto a far trasportare lontano i suoi apparecchi, potrà fare che un apparecchio più leggero gli risparmi delle spese, supplendo al peso del martello l'altezza da cui esso dovrà cadere? Non v'ha egli mille motivi che possono influire in questa circostanza sul modo d'azione dello strumento? Tutto ciò che riguarda la velocità, il peso e simili della caduta, è dunque importantissimo. Ciò che concerne il tempo non lo è meno, secondo che il prezzo delle giornate è maggiore o minore.

MARIA. Comincio a comprendere che questa materia è utile a conoscersi.

MORIZIO. Più ci avvanzeremo, e più avrete occasione di penetrarvi della sua importanza. Per darvene un'idea, diciamo una parola dei *proiettili*.

Lanciate una palla, una bomba, una pietra e simili, in una direzione verticale: ella ricadrà ai vostri piedi in capo ad un certo tempo: ella avrà impiegata una parte di questo tempo a salire.

ALBERTO. Sì, la metà senza dubbio, e altrettanto a discendere.

MORIZIO. L'abitudine ve lo fa credere, ma conviene diffidare di queste nozioni che l'abitudine vi somministra, quando il ragionamento non le ha provate.

ALBERTO. Gli è a motivo del ragionamento che io ciò asserisco. Mi ricordo del pendolo di ieri, e so ch'esso impiega tanto tempo a discendere da una parte quando a salire dall'altra.

MORIZIO. Benissimo. Voi potreste conchiuderlo ad un modo più diretto dietro le leggi della caduta dei corpi, leggi che noi studiammo cominciando questo Trattenimento.

Supponiamo di fatto ad un corpo lanciato una velocità iniziale di 30^m di base in altezza. La terra che dà una velocità d'attrazione di alto in basso di 10^m impiegherà tre minuti secondi per distruggere questo movimento. In capo a questo tempo la velocità conservata sarà 0 (zero), e il corpo comincerà a discendere.

Nel corso del primo secondo, la velocità è di 30^m ; nell'altro non sarà più che di 20^m e di 10^m nel terzo. Ma la terra fa cadere i corpi di 5^m ogni secondo. Il corpo, colla velocità che noi supponiamo, non sarà dunque che:

$$\left. \begin{array}{l} \text{nel } 1^{\circ} \quad 25^m \\ \quad \quad 2^{\circ} \quad 15^m \\ \quad \quad 3^{\circ} \quad 5^m \end{array} \right\} = 45^m \text{ in } 3 \text{ secondi.}$$

È precisamente la metà dello spazio che sarebbe percorso se la terra non agisse, poichè in 5" una velocità di 30^m darebbe 90^m. Quanto ne occorrerà al medesimo corpo per discendere da 45^m?

ALBERTO. Tre secondi, perocchè la legge lo dice: spazio percorso in un secondo A; in due secondi, due volte A; in tre secondi tre volte tre A: ora, poichè noi prendiamo A per cinque metri, bisogna contare nove volte cinque o quarantacinque metri pei tre secondi *1.

MORIZIO. Ciò è ben capito. Vediamo tuttavia che accadrebbe ad un corpo slanciato orizzontalmente, una palla per esempio, lanciata dall'alto d'una torre. Il problema posto in questi termini è molto più complicato, perocchè importa tener conto della forza dovuta alla polvere e della forza dovuta all'attrazione della terra (noi non parliamo qui della resistenza dell'aria su cui

*1 APPLICAZIONE. 1° Una palla lanciata verticalmente stette 4" in aria; a quale altezza è ella salita? — Qual era la sua velocità iniziale?

Risposta. Altezza 20^m; velocità 20^m.

2° Una palla da 12 ha una velocità iniziale di 500^m; quanto tempo resterà ella in aria? — A quale altezza giungerà ella?

Risposta 100" e 12,500^m.

Convien notare che a motivo della resistenza dell'aria la palla non andrà così alta: è un ostacolo di cui deesi tener conto, ma di cui non abbiamo in questo momento ad occuparci.

torneremo più sotto). La palla è capace, suppongo, di percorrere 500^m; è la velocità iniziale: ma nel tempo stesso percorrerà 5^m nel senso della verticale, poichè viene attirata dalla terra.

È facile comprendere che la palla non impiegherà maggior tempo a toccare la terra che se si lasciasse semplicemente cadere: dal che si può conchiudere doversi lanciare una palla da grande altezza, ed imprimerle una grande velocità, quando vogliasi farle fare un lungo tragitto orizzontale. Galileo, del resto, ha constatato questo fatto lanciando verso il mare una palla orizzontalmente. Spruzzando l'acqua al momento della caduta, era facile constatarne il preciso momento. Questo momento coincideva sempre esattamente con quello della caduta di un'altra palla che lasciavasi cadere ai piedi della torre.

MARIA. Se la terra gira così presto come avete asserito, il suo moto dovrebbe essere una sorgente continua d'errori. La terra debbe girare dall'ovest all'est per offerire successivamente tutte le sue faccie al sole: la palla che si lascia cadere dovrebbe dunque trovarsi bene all'ovest, perocchè la terra fa del cammino in un secondo.

MORIZIO. Questa era una grande questione ai tempi di Galileo; ma non è più tale adesso. Quando la terra gira, tutto ciò che è alla sua superficie ha il moto medesimo e lo conserva. Abbandonate una pietra al di sopra del predellino d'una vettura: questa pietra va a colpire il predellino:

intanto la vettura è portata con velocità; ed ella dovrebbe cadere assai lontano. Sur un battello a vapore si può giocare al volante come a terra; eccettuata l'azione del vento: tutti gli oggetti che sono sul battello hanno la stessa velocità che il battello medesimo. Se da un battello fermo si slancia un corpo sur un battello che voga, non attingerà il punto di mira: ma lo attingerebbe certo se il primo battello avesse lo stesso movimento che il secondo.

MARIA. Ho provato io stessa l'effetto di questa velocità, comunicata senza che uomo ne sospetti, ogniquale volta ho voluto saltare a terra dal predellino d'una vettura. Ho un bel prendere le mie precauzioni, ma provo sempre giungendo a terra una scossa violenta, che spesso mi fa cadere: ciò dimostra che, senza saperlo, io era slanciata come la vettura stessa.

MORIZIO. Per convincere i suoi contemporanei che il fatto della caduta d'una palla, come se tutto fosse in riposo, non provava che la terra era immobile, Galileo fece legare verticalmente un cannone sur una vettura slanciata a grande galoppo dai cavalli in una strada ben unita. La palla cadeva sempre a fianco della vettura, qualunque fosse la sua velocità.

In questi ultimi tempi non si stette paghi a questa precisione. Si fece una esperienza più decisiva in alcune miniere al coperto delle correnti d'aria con biglie perfettamente rotonde e lisce.

Ventitrè prove furono fatte ad un'altezza di ottantasette metri. La biglia cadde costantemente da dieci a dodici millimetri all'est del punto tracciato prima col filo a piombo.

ALBERTO. Voi volete dire all'*ovest* probabilmente; perocchè, siccome il sole par girare dall'est all'*ovest*, s'egli è immobile, è perchè la terra gira dall'*ovest* all'est. Ne seguita che la biglia, la quale abbandona la mano, non incontra la terra che quando essa ha fatto un piccolo passo.

MORIZIO. Non è ciò niente affatto, ed io non m'ingannava dicendo, che la biglia cadeva all'*est* del punto segnato dal filo di piombo. Per comprendere questo fenomeno, importa considerare, che la terra girando fa descrivere a tutti i suoi punti delle circonferenze altrettanto più grandi quanto più sono lontane dal centro. Ecco una corda di alcuni metri solamente. Io ne tengo un capo, che sarà il centro. Voi, Alberto, mettetevi all'altro capo e girate; voi, Maria, tenete la corda al punto che meglio v'aggrada fra Alberto e me, e seguite il movimento indicato dalla corda. A qualunque punto voi vi collochiate, descriverete un circolo come Alberto; ma questo circolo sarà tanto più piccolo quanto più a me vi accostereete. Voi girate dunque meno velocemente che Alberto. Lo stesso accade ai diversi punti della terra più o meno lontani dal suo centro: la punta di quel campanile descrive in un giorno una circonferenza più grande che non il suo piede.

Debbe dunque avere una velocità più grande: gli è ciò che l'esperienza prova di fatto, poichè la biglia si trova gettata un po' verso l'est a motivo della differenza di movimento fra il punto di partenza e quello della caduta. Dovunque questa delicata esperienza venne fatta, il risultato fu sempre lo stesso: ragione la più convincente forse che esista per provare la rotazione del globo.

Siccome mio intendimento non è di fare immediatamente di voi due artiglieri, non protrarrò più innanzi lo studio della *balistica*; mi limiterò a dirvi che una bomba slanciata obliquamente descrive due rami di parabola, simili al ramo unico che la bomba descrive slanciandola orizzontalmente; le stesse regole s'applicano ai due casi. Voi ne avete un esempio tutte le volte che gettate una pietra in aria.

FIGURA 2.

Se si potesse far astrazione della resistenza dell'aria, cioè se l'atmosfera non esistesse, una velocità di due leghe ogni secondo impressa ad una bomba basterebbe per impedirle di ricadere sulla terra, e dare al globo un piccolo satellite nuovo. Per comprendere questa asserzione, supponiamo che *O* rappresenti il centro della terra, e che da un punto qualunque *C* al di sopra si lanci una palla verso *B*, con una velocità capace di farle attingere il punto *B* in un secondo. Dietro a quanto dicemmo più sopra, la palla attirata da

un'altra parte verso D nella direzione O, seguirà una parabola che risponda alla diagonale del parallelogramma fatto su queste due direzioni: questa diagonale dovrà terminare in F. Al punto F la direzione della palla dovrà ripiegarsi ancora seguendo una diagonale fra la prima direzione e la linea che va al centro della terra. Continuando l'operazione, vedrete facilmente la via seguita dalla palla sottoposta ad una lotta perpetua fra la forza centrifuga e l'attrazione universale.

Laplace ed Herschell suppongono che tale sia l'origine della formazione dei satelliti di ciaschedun pianeta e de' pianeti intorno al sole. È questa un'idea che non può senza dubbio uscire dalla specolazione; perocchè se noi vediamo bene la prova, che una mano onnipotente ha dato al mondo il moto che noi ammiriamo, noi siamo fuori del caso di renderci conto dei fatti i quali risalgano al caos *1. Una presunzione milita tuttavia in favore di questo sistema, ed è che tutti gli astri del sistema solare girano nel medesimo senso, e poco più poco meno tutti nel piano dell'equatore del sole. È vero che i piccoli pianeti, come *Pallade*, *Cerere*, *Giunone* ed altri, fanno

*1 La storia della creazione, come è riferita da Mosè, non ha per iscopo di rendere conto di questi fatti in se medesimi. Questo meraviglioso e naturale racconto, testimonia la potenza di Dio, il quale non ebbe a dire che la luce sia, perchè la luce fosse. Del resto, si può ricordare il detto di S. Paolo: *Consegnò il mondo alle loro dispute.*

eccezione, e che le comete si muovono in tutte le direzioni.

Fin qui non considerammo i corpi cadenti o slanciati senza essere appoggiati o trattieneuti; sarebbe qui il luogo di esporvi le leggi della caduta lungo un piano inclinato. Ma le regole di questa specie di caduta sono semplicissime e derivano dalle altre. Le cose si passano solamente, come se l'attrazione della terra fosse più debole, conservando sempre i caratteri che noi le attribuiamo *1.

Tutte le corde d'un circolo, considerate come piani inclinati, sono percorse in un tempo medesimo che il diametro verticale. È facile con questo principio di costruire geometricamente

*1 Coll'aiuto del parallelogramma delle forze (veggasi questo vocabolo) è facile calcolare come l'attrazione si trovi diminuita sur un piano inclinato. La forza dell'attrazione della terra su questo punto, essendo indicata da una verticale, può essere decomposta in due altre: una parallela al piano, l'altra perpendicolare. Quest'ultima sarebbe neutralizzata necessariamente dalla resistenza del piano: resterebbe dunque la forza parallela. Ora, seguendo un ragionamento geometrico, ne' ragguagli del quale noi qui non entriamo, si è in diritto di conchiudere, che la forza effettiva è all'attrazione come l'altezza del piano inclinato alla sua lunghezza. Così, se l'altezza del piano inclinato è $\frac{1}{5}$ solo di sua lunghezza, la forza con cui un corpo scorrerà, sarà $\frac{1}{5}$ solamente del risultato ordinario dell'attrazione. Poichè l'attrazione fa cadere un corpo di 5^m in 1 secondo, questo non cadrà che da 1^m . Noi supponiamo il piano perfettamente sdrucchiolo.

un circolo, il cui piano inclinato sarebbe una corda. Ciò ci condurrebbe direttamente alla proprietà del pendolo che già conoscete.

Dietro l'idea che noi abbiamo della caduta dei corpi sur un piano inclinato, voi concepirete facilmente che sur un piano così fatto un corpo non può mai tenersi in equilibrio, a meno che esso non abbia degli attriti che richieggano una confricazione, o una tale politura in cui l'attrazione molecolare possa avere influenza.

I corpi si tengono generalmente in equilibrio sur un piano orizzontale in certe condizioni, e persistono più o meno in questo equilibrio secondo certe circostanze. Fra il bicchiere che vedete su questa tavola orizzontale e la bottiglia che gli è a fianco, havvi una grande differenza nelle condizioni d'equilibrio, perocchè la bottiglia è assai più facile ad essere riversata. Per avere un' idea esatta dell'equilibrio dei corpi, importa ch'io vi spieghi ciò che s'intende per *centro di gravità*.

FIGURA 3.

Ecco una pietra di cui la forma è indifferente. Tutto ciò che imparammo fin qui intorno all'attrazione, fa vedere che questa attrazione stessa agisce isolatamente su ciascheduna molecola dei corpi, e che le linee cui queste molecole tendono a seguire per avvicinarsi al centro della terra, sono parallele. Un corpo solido è dunque sol-

lecitato da una moltitudine di piccole attrazioni che tirano, per dir così, parallelamente su ciascheduna molecola.

Ora, secondo le leggi insegnate dalla meccanica, tutte queste forze parziali ed eguali possono essere sostituite da una forza unica collocata in un *certo punto* C, e diretta nel medesimo senso O. Fate tirare parallelamente un carro da tre cavalli di fronte, o da un solo cavallo nel mezzo che congiunga la forza degli altri tre, voi avrete il risultato medesimo *1.

Questo *certo punto*, a cui tutte le forze d'attrazione possono credersi attaccate, si chiama *centro di gravità*.

MARIA. Vale a dire, che si considera come se un solo punto *gravitasse*.

MORIZIO. Benissimo. E per fare equilibrio, è il solo a cui debbasi applicare una forza opposta eguale. Io so che ciaschedun candeliere, ciaschedun grano di vetro del lampadario sospeso ad un soffitto è attirato verso la terra. Ma siccome l'intero lampadario ha tutte le sue parti legate insieme da rami di rami solidi, così io lo

*1 Può dirsi, a tutto rigore, che ciascuna di queste attrazioni non è parallela, poichè esse tendono verso un solo punto, il *centro della terra*; ma la differenza è assolutamente insensibile. Due capelli ad una sì piccola distanza uno dall'altro potrebbero essere riguardati come posti parallelamente, se fossero attaccati ad uno stesso punto a 1500 leghe lontano.

considero come un solo corpo: e se voglio tenerlo in aria, non avrò bisogno di sorreggere ciascheduna delle sue parti; mi basterà opporre una forza eguale o superiore a tutte queste piccole forze, diretta verso il soffitto e passante pel centro di gravità del lampadario.

ALBERTO. Ciò vuol dire semplicemente, nel volgare linguaggio, che, se voi volete impedire a questo lampadario di cadere, voi l'attaccate con una corda al soffitto.

MORIZIO. Precisamente: solo importa indicarvi assai bene il punto da attenervi e la maniera di ottenerlo nelle cose così volgari, che non hanno il merito di attirare la vostra attenzione. Voi vedete che il più spesso il centro di gravità, o almeno la direzione di questo centro, si trova macchinalmente e a tentone; ma v'ha delle circostanze in cui conviene saper calcolare la sua posizione; perocchè importa talvolta sostenere un corpo senza maneggiarlo: e dopo ciò che vi ho detto, sostenere il centro di gravità è sostenere il corpo tutto intero.

Talvolta un corpo attirato verso la terra s'equilibra da un'attrazione in senso inverso; è il caso del lampadario di cui poco fa ragionammo. Sovente l'equilibrio dei corpi s'ottiene opponendo una resistenza all'attrazione della terra. Ecco una folla d'oggetti. Un libro, uno scrittoio, una lampada, una bottiglia che sono così sostenuti invece d'essere sospesi. *I corpi sostenuti sur una*



superficie piana non possono mantenersi che ad una condizione, la quale basta sempre, vale a dire che la verticale che passa pel centro di gravità del corpo cada sempre fra i punti d'appoggio.

La meccanica ci insegna, che il centro di gravità non è sempre lo stesso che il centro di figura. È il centro della *massa* del corpo, ma della *massa* pesante, non compresi i pori. La vostra canna, Alberto, estratta semplicissimamente dalla vicina siepe, confonde il suo centro di gravità, poco più poco meno, col suo centro di figura, verso il mezzo: voi potete tenerlo in equilibrio trasversalmente sul vostro dito. Ma ciò non avviene nella mia, di cui il pomo è di piombo: se voglio tenerla in equilibrio, debbo avvicinare il dito verso il pomo.

MARIA. Può dunque trovarsi questo punto senza tentarlo?

MORIZIO. Sì, assai spesso. Voi sapete, non è egli vero, che il centro di gravità è lo stesso per tutto un corpo, secondo la definizione medesima? Il filo a cui lo terrete sospeso sarà nella direzione del centro di gravità. Segnate questa direzione, e suspendete in seguito questo corpo in un altro senso; voi avrete un'altra {direzione che intersecherà la prima. Il punto d'intersecazione, solo punto comune a due linee, sarà il centro di gravità che loro è comune.

MARIA. Non oso più domandarvi se nella pratica s'ha bisogno di conoscere questo punto.

MORIZIO. Vedremo numerose applicazioni di questi principii; la bilancia, fra gli altri, che esige una cognizione assai precisa del centro di gravità. Per adesso, mi contenterò di dirvi che i corpi non hanno riposo, se non in quanto il loro centro di gravità passa per la base per cui toccano al suolo. Una palla che non tocca al suolo se non per un punto, è mobilissima, perchè importa che la linea verticale, la quale parte dal centro di gravità, passi pel punto di contatto. Ecco un libro, al contrario; esso ha una base larghissima: epperò è molto solido, perchè è necessario un movimento considerevole, perchè la verticale del suo centro di gravità cada fuori della superficie della tavola su cui è posto.

S'io volessi fare star ritta la mia canna, sarebbe difficilissimo, perchè il più piccolo movimento a dritta o a sinistra, spostandone il centro di gravità, la impedirebbe di sorreggersi, perocchè la sua verticale cadrebbe assai facilmente al di fuori della base. Comprendete senza dubbio perchè un corpo cade.

MARIA. Gli è perchè il suo centro di gravità non è sostenuto.

ALBERTO. La caduta dei corpi si riduce dunque alla caduta del loro centro di gravità. Peno ad avvezzarmi a quest'idea.

MORIZIO. Alcuni esempi di più vi famigliarizzeranno affatto con essa. Io vi parlava poco fa di un libro posto su questa tavola: siccome esso

è omogeneo, così il suo centro di gravità non è sensibilmente diverso dal suo centro di figura. L'avvicino all'orlo della tavola, dappprincipio alcun poco, quindi di più; e quando la verticale del centro di gravità è fuori della tavola, il libro cade.

MARIA. Adesso comprendo, perchè si rende più pesante il piede delle lampade dei candellieri; gli è perchè il centro di gravità trovandosi più basso che sia possibile, la verticale riesce meno lunga e si sposta più difficilmente dalla base.

ALBERTO. Comprendo pure perchè, con un poco d'abitudine, si tiene una pertica lunghissima sulla punta del dito, mentrechè non sarebbe possibile tenerla in equilibrio sur un terreno senza piantarla. Basta muovere il dito che serve di base, quando si sente che la pertica va a cadere da una parte.

MORIZIO. V'ha cose ancora più curiose che questa. Ecco un piatto; fatelo stare sulla punta d'un coltello.

MARIA. È impossibile.

MORIZIO. Lo farò star io. Vedete?

MARIA. Lo credo benissimo: voi lo riversate, e collocate la punta del coltello sul mezzo del concavo, invece di collocarla sul mezzo dell'altra parte pestacciata; inoltre, il piatto è molto concavo.

MORIZIO. Voi conoscete adunque ch'egli era più facile tenere così in equilibrio un piatto concavo che un piatto stacciato?

MARIA. Così mi pare;... del resto non so nulla.

MORIZIO. Non sarebb'egli perchè il centro di gravità del piatto si trova in questo caso al di sotto della punta che lo sostiene, ed allora questo centro si trova sospeso, cosicchè un'oscillazione a dritta o a sinistra basta a farlo passare e ripassare attraverso il coltello che indica la direzione della verticale?

ALBERTO. Voi non ci avete detto che il centro di gravità poteva trovarsi fuori dal corpo medesimo.

MORIZIO. Vi dissi ch'esso trovavasi al punto d'intersecazione di più linee sostenenti successivamente il corpo.

ALBERTO. Vero; me ne ricordo. È possibile che i fili a cui potrebbesi sospendere questo piatto o i loro prolungamenti non si tagliassero nella materia stessa del piatto.

MORIZIO. Fatevi attenzione, e vedrete che lo equilibrio sarà più facile ancora per l'interno di un bicchiere.

MARIA. A meno che il fondo del bicchiere non fosse molto spesso, il centro di gravità sarebbe ancora molto più basso.

MORIZIO. Quantunque noi non siamo giocolatori, importa ch'io vi mostri a tenere una spilla sulla punta di un ago.

MARIA. In equilibrio?

MORIZIO. Certo. Che dovrà egli farsi?

ALBERTO. È cosa che mi pare molto difficile

ad ottenersi. Convieni che il suo centro di gravità.... aspettate..... il centro di gravità d'una spilla..... debb'essere fra la sua punta e la sua testa, ed assai più vicina alla testa: ah! benissimo: per tenere una spilla in equilibrio, converrebbe che il centro di gravità fosse al di sotto della punta dell'ago che la sostiene.

MORIZIO. Non c'è troppo male. Bene: se la spilla sola non può dare questo risultato, non potreste voi aggiungervi qualche cosa, per esempio questo regolo, in cui la planterete in traverso.

ALBERTO. Ebbene, il centro di gravità si troverà senza dubbio ancora più alto.

MORIZIO. E se alle estremità del regolo io appendo due corpi pesanti.....?

MARIA. Ora capisco: i corpi pesanti sarebbero al di sotto del punto d'appoggio, assai al di sotto perchè il centro di gravità sia egli stesso assai basso.

MORIZIO. Così! I fanciulli fissano tre coltelli insieme, poco più poco meno a questo modo. L'uno dei coltelli tiene luogo di regolo; gli altri due fanno uffizio di peso a ciaschedun capo. Essi sostengono così questi tre coltelli sulla punta d'una spilla, senza sospettare che eglino somministrano una dimostrazione perfetta di uno de' più curiosi fenomeni che possano trovarsi in fisica. Ma ritorno al mio piatto. Maria non parve contenta di vedermelo riversare: importa dunque tenerlo in equilibrio sullo stacciato. In

che modo? esaminiamo : il centro di gravità si trova bene al di sopra della punta; e siccome questa punta è la sola base su cui il corpo si appoggia, è difficile che la verticale vi cada esattamente sopra. Essa cadrà un po' più da una parte, da quella cioè che pesa maggiormente. Ebbene: se noi facciamo in modo che questa parte più pesante sia costantemente tutto intorno alla punta...

MARIA. Non comprendo che la parte meno pesante pesi di più nel tempo medesimo..... v'ha un bilanciamento..... ma no il piatto cadrebbe.

MORIZIO. Vedete..... basta far girare il piatto sulla punta.

ALBERTO. Vero. Le parti più pesanti saranno alternativamente su tutti i punti del circolo descritto.

MORIZIO. E più presto io giro, più stabile è l'equilibrio.

MARIA. Io non giungo tuttavia a spiegarmi tutti i modi d'equilibrio di cui sono così maravigliata.

MORIZIO. Abbandoniamo questi giochetti per occuparci dell'equilibrio del corpo umano, perocchè il corpo umano è sottoposto egli pure alle medesime leggi della meccanica. Solo un dominio tale fu dato agli animali sui loro muscoli e i loro nervi, che vi vuole un po' d'attenzione per rinvenire queste leggi. Il centro di gravità dell'uomo trovasi verso la parte anteriore del basso ventre. Il fanciullo che ha la testa e gli organi della digestione più sviluppati a

proporzione del rimanente del corpo, ha il suo centro di gravità tutto al davanti.

MARIA. Avrei creduto che il difetto di forza nelle gambe fosse la cagione delle cadute frequenti dei bambini.

MORIZIO. Questo è senza contrasto uno dei motivi, ma è forse il minore. I bambini cadono spesso a motivo del peso che occupa il loro centro di gravità, e soprattutto perchè non sanno supplire a ciò che loro manca sotto questo riguardo.

Per comprendere ciò conviene comprendere anzitutto come il corpo umano si regge. Un uomo è altrettanto più solido su' suoi piedi quanto più distende le gambe, in guisa che la verticale del centro di gravità non cada al di fuori della linea che i suoi piedi tengono. Un uomo che s'appoggia sur un bastone collocato al davanti è nella miglior condizione possibile di equilibrio. Quello che tiene i piedi strett l'uno contro l'altro, ha una base angustissima il menomo impulso può farlo cadere a dritta o a manca. Notaste voi qualche volta, che se vi piantate dritto contro il muro, vi riesce impossibile salutare alcuno un po' profondamente senza dare in terra?

MARIA. Perchè dunque piuttosto quando uno è addossato al muro e non altrimenti?

MORIZIO. Eccolo subito. L'uomo che sente trascinarsi dal suo centro di gravità, ristabilisce

l'equilibrio, spingendo dall'altra parte una porzione della massa, capace di ricondurre da quella parte medesima il soverchio del peso. Ora sono le ginocchia che piegano, ora la colonna vertebrale che s'inфлекe, ora il gòmito o il braccio che si porta dall'uno o dall'altro lato. Quando vi trovaste sul mare in una navigazione agitata dal vento, voi non potreste tenervi fermi sulle gambe, senza maneggiare ad ogni istante le braccia come una specie di telegrafo.

MARIA. Questo accade a me, che non ho l'abitudine del mare: ma i marinai non ci badano nemmeno.

MORIZIO. Essi fanno i movimenti medesimi, ma d'un modo meno sensibile. Appo loro la colonna vertebrale sola agisce secondo le posizioni diverse. In voi però, mancanza come dite d'abitudine, questa parte del corpo è meno sensibile, e le braccia vi suppliscono: ma siccome esse hanno minor peso, così dovete dare maggior estensione al loro movimento. Spesso anche voi oltrepassate il segno pel timore di non giungervi. Non è sempre la scossa che vi fa cadere, ma lo sforzo smisurato che voi fate per sottrarvi ad essa.

Io vi ho fatti passare sur un battello per questa prova. Avrei potuto altrettanto bene mettermi sur un carro, o farvi sdruciolare sul ghiaccio. I movimenti sono i medesimi. Essi soltanto appariscono meno per quelli che hanno l'abi-

tudine di questi esercizi; non sono tuttavia meno reali.

Se voi siete seduti, il centro di gravità trovasi sulla sedia; provate a rialzarvi sulle gambe senza portare l'alto del corpo sul davanti, e ravvicinate i piedi più presso che potete alla sedia: ciò non vi sarà mai possibile; conviene che ritorniate il centro di gravità verso le vostre gambe, in qualunque siasi modo.

Mettetevi presso una muraglia, incrociate le braccia, e lasciate posare la vostra testa contro il muro; poi provatevi a rialzarla senza scossa e senza portare indietro una parte del vostro corpo: non vi arriverete certo, abbenchè siate un po' incurvati.

ALBERTO. Gli è senza dubbio la necessità di dirigere così la verticale del centro di gravità, che costringe l'uomo, il quale porta un peso sul dorso, a camminar curvo.

MARIA. Gli è anche per ciò che sarebbe difficile all'uomo più forte di portare ad una certa lontananza nelle sue braccia un materasso d'una dozzina di chilogrammi, mentre che un peso assai più considerevole di ferro non gli costerebbe gran fatto a maneggiarlo.

MORIZIO. Allora voi comprendete bene perchè il sacco che il soldato porta sul dorso ha la forma piatta, e s'allontana il meno possibile dal dorso medesimo.

ALBERTO. Senza dubbio. Gli è perchè il sol-

dato sia meno costretto a curvarsi per ricondurre la verticale nel voluto limite.

MORIZIO. Comprendete pure perchè i ballerini di corda, quando non siano abilissimi, tengono in mano una pertica ordinariamente impiombata ai due capi?

ALBERTO. Perchè i loro piedi essendo tutti e due sulla linea della corda, eglino abbisognano di potere all'uopo ristabilir l'equilibrio dalle due parti. Eglino ciò fanno inclinando più o meno il loro contrappeso, il quale agisce nella maniera medesima, benchè più efficacemente, in cui agiscono le nostre braccia, quando corriamo barcollando lungo un tronco d'albero disteso a terra.

MORIZIO. Avete voi notato, che correndo poco fa per venirmi incontro, voi avete urtato un sasso? Il vostro corpo tutt'intero rimase slanciato; ma il vostro piede arrestandosi mentre l'alto del corpo proseguiva il suo corso, il centro di gravità doveva trovarsi sul davanti. Così l'istinto solo v'ha suggerito di portare innanzi rapidamente i piedi per non cadere. Vi convenne fare quindici o venti passi così prima di ristabilire l'equilibrio.

MARIA. Il centro di gravità dovrebb'essere nei talloni: così mai non si cadrebbe.

MORIZIO. Voi sareste come un piccolo fantoccio di sughero o di midolla di sambuco, che si pianta con un po' di ceralacca sur una ro-

tella di piombo bastantemente pesante. S'ha un bello spingerlo, colpirlo, capovoltarlo, il fantoccio si trova sempre sulle gambe. Ma non sareste voi un po' troppo pesante se il vostro centro di gravità si trovasse ne' vostri piedi? Credete voi che il movimento delle vostre gambe sarebbe tutt'affatto libero? Voi sareste incapace di fare un passo: credetelo a me, ciò che Dio fece è benissimo fatto.



TRATTENIMENTO QUARTO

Disposizione delle molecole dei corpi. — Cristallizzazione.
 — Tempra dell'acciaio. — Duttilità dei corpi. — Tenacità. — Elasticità. — Attrito. — Urto dei corpi.

MORIZIO. Voglio consacrare un Trattenimento in parlarvi delle macchine con cui si fa più spesso l'applicazione dei principii che noi studiammo sin qui: ma prima di tutto ho qualche considerazione a farvi comprendere sulla struttura dei corpi solidi, la quale modifica più o meno l'azione delle forze impiegate.

La struttura dei corpi comprende il modo con cui le molecole di questi corpi s'aggruppano: la consistenza che questo aggruppamento loro somministra, la libertà che loro lascia di fare certi movimenti, la resistenza che loro concede d'opporre agli impulsi ricevuti, e quindi altre varie circostanze di attrito o di urto, di cui importa che voi sappiate pure qualche cosa.

E per cominciare, i corpi organizzati hanno una struttura simmetrica che non può negarsi; così il legno ha una tessitura fibrosa facile a distinguersi da tutti gli altri corpi; ma i composti anche inorganici, quando le circostanze permisero alle loro molecole di aggrupparsi a loro grado, affettano il più spesso una forma cristallina notevolissima. Fate sciogliere del sale

nell'acqua, filtratela, poi svaporatela dolcemente: la soluzione abbandonata a se medesima, lascerà depositare dei cristalli regolarissimi e cubici: una soluzione d'allume lascerà depositare de' cristalli ottagonali. Lo zolfo fuso e posto a raffreddarsi, cristallizza nell'interno: si può vedere benissimo, rompendo la crosta prima che il raffreddamento sia compiuto, e facendone scolare la parte tuttavia liquida *1. Quando la cristallizzazione di un corpo è celata, se ne scoprono le tracce, *spaccando* il corpo, cioè separandolo nel senso delle lame o fibre che può presentare. Così compiere tale operazione su questa lavagna, sarebbe separarla nel senso del suo spessore, il quale presenta, siccome potete vederlo, degli strati sovrapposti. La maggior parte dei metalli sono formati di cristalli troppo piccoli per poterli vedere ad occhio nudo: solo esaminando le faccette brillanti dei loro frammenti rompendoli, veggonsi prove bellissime dell'aggregamento cristallino delle molecole.

ALBERTO. Questa disposizione è sollecitata senza dubbio dall'attrazione molecolare.

MARIA. Sì, questa attrazione, la quale non

*1 Il fenomeno della cristallizzazione dei sali e simili, è piuttosto del dominio della chimica, a cui somministra preziosi documenti. I mineralogisti, vedendo la forma naturale d'una sostanza, possono spesso conoscere la sua natura. L'opera più importante di questa natura è dovuta ad un celebre fisico francese, Haüy.

si esercita che a piccole distanze e di cui già parliamo.

MORIZIO. Precisamente. Questa tendenza ad agglomerarsi così invariabilmente nel modo stesso, ci permette d'affermare alcuna cosa sulla consistenza d'un corpo, quando conosciamo la consistenza d'altri corpi della stessa natura, collocati nelle circostanze medesime.

Quando la consistenza d'un corpo è molto grande, questo corpo è un solido più o meno *duro*. La durezza è una proprietà relativa: ella non ha nulla d'assoluto, perocchè è sempre suscettibile di più o di meno.

ALBERTO. Il più duro dei corpi non è egli il diamante?

MORIZIO. Appunto; fin qui non se ne conosce de' più duri *1.

MARIA. È dunque molto difficile a rompersi?

MORIZIO. Non già. La durezza d'un corpo non esige che i suoi frammenti siano tanto bene uniti quanto le sue ultime molecole. Così il vetro che è durissimo, perocchè può rigare quasi

*1 Dopo il diamante vengono varie pietre fine formate di allumina. Il zaffiro, il rubino e simili, che servono a sorreggere i perni delle ruote degli orologi da tasca: poi il cristallo di roccia, l'agata, la selce, la pietra molare, le pietre da rasoio, tutte varietà di silice. La silice e l'allumina s'uniscono per rendere il tripoli, la pomice e via. Lo smeriglio è d'allumina quasi pura. (*Veggansi i Trattamenti sulla chimica*).

tutti i metalli senza esserne rigato, il vetro facilmente si rompe. La polvere di carbone consuma il vetro e serve a pulire gli specchi; la creta che ha così poca consistenza può pulire tutti i metalli.

I metalli d'ordinario sono meno duri che le loro leghe. Per dar consistenza alle monete, ai gioielli d'oro e d'argento, s'è costretti legare questi metalli al rame. L'acciaio non è che ferro combinato con alcuni millimetri di carbone: voi sapete ch'esso è molto più duro del ferro quando è temperato.

MARIA. Che è dunque la tempera dell'acciaio?

MORIZIO. La tempera consiste nell'immersione rapida dell'acciaio nell'acqua fredda. Il raffreddamento repentino delle molecole le costringe a tenere la posizione che avevano invece di ordinarsi simmetricamente. È questa differenza di aggregazione delle molecole che dà, non si sa ben come, una grande durezza al metallo.

ALBERTO. Più egli è duro, più egli è fragile, n'è vero?

MORIZIO. Sì; ma questa disposizione è meno straordinaria. Si comprende benissimo che una disposizione violenta delle molecole non debbe lasciar loro tanta aderenza quanto la disposizione naturale; tuttociò, del resto, non è particolare all'acciaio *1. Se si facesse raffreddare violentemente

*1 I metalli fuori dell'acciaio non si temperano: vi ha delle leghe che vengono ammolite dalla tempera.

mente del vetro fuso, sarebbe assai più fragile. Se non si facesse ricuocere più o meno l'acciaio dopo averlo temperato, si romperebbe come il vetro.

La *duttilità* è la proprietà direttamente opposta alla durezza: così si dice dei metalli duttili ch'eglino sono *mollì*: essi possono cambiare di forma coll'azione della trafilatura, del laminatoio o del martello *1.

La resistenza dei corpi alla pressione, al traimento o all'urto non dipende sempre da maggiore o minore durezza. Le pietre che formano il piede d'un muro, d'una colonna, resistono soprattutto alla pressione per la spinta che esercitano le loro molecole una sull'altra. Le catene d'un ponte levatoio, le corde d'un ponte so-

*1 La *trafila* è essenzialmente una piastra spessa di acciaio, seminata di fori, in cui si passa il capo del filo metallico, del quale il diametro è più grande che quello del buco. Se si tira questo filo con una macchina, è costretto a agguagliarsi; s'ottengono così dei fili fini, quanto la duttilità del metallo il concede.

Il *laminatoio* è composto di due cilindri più o meno vicini l'uno all'altro, che una forza qualunque fa girare. Una piastra che si presenta all'intervallo da cui vengono separati, è costretta a passare schiacciandosi fra i due cilindri.

Tutti conoscono l'azione del martello su certi metalli, e principalmente sull'oro. I battitori d'oro schiacciano questo metallo, ponendene una certa quantità di foglie fra la pelle di carta pecora (membrana tirata dagli intestini de' buoi). Il metallo forma così, dopo

speso resistono in virtù della loro attrazione molecolare che impedisce alle particelle di separarsi. È questa resistenza al traimento che diceasi tenacità.

Essa è minore, ogni cosa stando a paro, che la resistenza della pressione. Tutte le opere speciali contengono tavole comparative della resistenza del legno e dei metalli, sia alla pressione, sia al traimento. Sono fatti che non s'indovinano e che non si giudicano *a priori* *1.

essere stato battuto sur un incudine, delle foglie così sottili, ch'esse volano al vento malgrado la gravità dell'oro.

I metalli non s'adoperano nella stessa guisa alla trafila, al laminatoio e sotto il martello. Ecco l'ordine in cui si collocano gli otto principali:

TRAFILA	LAMINATOIO	MARTELLO
Platino.	Oro.	Piombo.
Argento.	Argento.	Stagno.
Ferro.	Rame.	Oro.
Rame.	Stagno.	Zinco.
Oro.	Piombo.	Argento.
Zinco.	Zinco.	Rame.
Stagno.	Platino.	Platino.
Piombo.	Ferro.	Ferro.

*1 Una verga di ferro fucinato di 1 millimetro di riquadratura sostiene prima di rompersi, chil. 41,84

Strutto	»	13,00
Rame battuto	»	24,86
— fuso	»	13,39
— giallo	»	12,61
Piombo	»	1,30

La resistenza alla pressione, dopo che il corpo ha cominciato a cedere, prende il nome di elasticità. Noi già ne parliamo. Aggiungiamo ora, che l'elasticità è una proprietà la quale fornisce ad ogni genere di molle i vantaggi che possono avere. È l'elasticità di certi tessuti che somministra agli animali l'agilità loro.

MARIA. Eccoci giunti allo studio delle macchine.

MORIZIO. Importa prima che ci fermiamo ancora un momento sugli effetti dell'attrito e dell'urto, i quali oppongono un'altra specie di resistenza alle forze.

Se io faccio sdruciolare un libro sul panno d'un bigliardo, voi vedete che v'ha luogo un attrito notevole. Un attrito minore ha luogo se una biglia di avorio vi gira sopra. Eccovi due specie di attrito assai caratteristiche.

Bacchetta di bossolo di 1 cent. quadrato, chil.	1400
Quercia del Malabar . . . »	1050
Abete »	840
Faggio »	800
Quercia »	700
Acaiou »	560
Corda »	400

La torsione dei fili non aumenta la loro forza. Se un filo porta 100 gr., quattro fili torti non ne porteranno 400, perchè il peso non è egualmente diviso. Questa ineguaglianza fa che le corde, le quali si torcono giusta l'antico metodo, si rompono più presto quando si bagnano. Un filo bagnato è più solido che uno asciutto. Se si bagna la metà e vi si sospende un peso molto forte, è la parte asciutta che si rompe.

Posate una piccola massa qualunque sur un piano orizzontale, attaccate all'una delle sue parti un filo che sostiene dall'altro capo un peso col mezzo d'una puleggia di rinvio. Questo peso dovrà sempre, per piccolo ch'egli sia, far muovere la massa che, sur un piano orizzontale, debb'essere indifferente al movimento ed al riposo. La cosa non è così tuttavia: la massa oppone una resistenza considerevole, e vuolsi un peso assai forte per farla muovere. Una pietra di 50 chilogrammi sdruciolando su altra pietra, richiede per muoversi un peso di chil. 35. L'attrito è dunque in questo caso i $\frac{7}{10}$ della pressione.

Se voi prendete una superficie piana che possiate inclinare a piacimento, abbassando una parte con precauzione, noterete l'inclinazione sotto la quale il corpo comincerà a sdruciolare. L'attrito e la forza facendosi allora equilibrio, possono calcolarsi uno per l'altro.

MARIA. Il corpo più leggero debbe tenersi più facilmente sul piano inclinato: per conseguenza, la misura che se ne ricava debb'essere eccessivamente variabile.

ALBERTO. Mi pare al contrario, che i corpi più pesanti, o forse piuttosto quelli che hanno una superficie d'attrito più considerevole, debbono sdruciolare meno bene.

MORIZIO. La facilità con cui un corpo sdruciola non dipende dalla superficie d'attrito; pe-

rocchè l'esperienza prova, che uno stesso corpo il quale ha due facce di differenti dimensioni, ma egualmente polite, discende sempre in circostanze eguali, alla stessa inclinazione. La differenza del peso non produce del paro una differenza d'attrito iniziale, perocchè i corpi d'una varia dimensione, ma d'una stessa politura, sdruciolano tutti sotto il medesimo angolo quando sono della natura stessa *1.

Io non vi consiglio a servirvi di legno per saggi di questo genere: si stabilisce fra il legno e l'altro corpo una piccola aderenza, quando i due corpi si toccano, dopo qualche minuto. Basta un leggero urto per distruggerla.

MARIA. La lisciatura debbe avere una grande influenza sull'attrito. Più il ghiaccio, per esempio, è compatto, e più è facile cadere. I grossi zoccoli sur un pavimento ben incerato non prestano generalmente molta sicurezza al villano che li porta.

MORIZIO. V'ha un motivo d'attrito a cui probabilmente non pensate: esso risulta dall'attrazione molecolare dei corpi. Questa attrazione essendo più grande fra le molecole della stessa natura, non si prende mai, quando voglionsi far sdruciolare due corpi uno sull'altro, sostanze omogenee. Avete voi notato che, nelle macchine,

*1 Esattissime esperienze di Coulomb e Morin provano che, durante il movimento, l'attrito resta proporzionalmente il medesimo, e non dipende per nulla dalla velocità.

si fanno sempre girare le sale di ferro in involucri di rame e viceversa?

ALBERTO. Ho solo notato un certo miscuglio di rame e di ferro, di cui non mi sono mai reso conto; ma mi ricordo bene d'aver veduto impiegare l'olio per addolcire l'attrito.

MORIZIO. L'olio è eccellente in questo caso, perchè accresce il liscio riempiendo meglio i pori della materia.

MARIA. Gli è perchè egli è fluido, n'è vero?

MORIZIO. No. Ecco che s'impiega egualmente la piombaggine per addolcire i movimenti delle macchine delicate: è un solido, ma un solido che si mette così bene fra i pori del metallo, da formare alla sua superficie una politura pressochè inalterabile.

Quando l'attrito sarebbe troppo, se si lasciassero sdrucciolare i due corpi uno sull'altro, si fanno sgretolare. L'attrito di questa specie è assai minore del primo; così, mentre una pietra di 1000 chil. esige per isdruciolare sur un'altra pietra una forza di 200 chil., non ne vorrebbero che 24 s'ella fosse portata su due cilindri: così i ritagliatori di pietre non mancano mai di servirsi di questo mezzo che loro permette di rotolare delle masse enormi.

ALBERTO. Tutte le vetture non sono elleno un'applicazione di questo sistema? *1.

*1 Si è valutato ad un 30^{mo} del carico l'attrito sur

MARIA. Infatti, se i cavalli fossero costretti a tirare senza i soccorsi delle ruote, i carichi ch'eglino trascinano sui carri sarebbero bene infelici.

MORIZIO. Nei paesi freddi non s'ha bisogno di ricorrere alle ruote durante la stagione dei ghiacci: le vetture sono sostituite da slitte.

L'attrito, così nocevole alla velocità delle macchine, è talvolta utile. Voi avete già molta pena a correre sul ghiaccio. Che sarebb'egli se l'attrito fosse nullo, vale a dire se il ghiaccio e le vostre ruote fossero estremamente lisce? Non vi ricordate della quantità d'accidenti che succedono, quando nell'inverno v'hanno gelicidii? È impossibile muovere un passo senza grandi precauzioni. I cavalli sono allora ferrati a ghiaccio, vale a dire che le loro unghie sono armate di punte di ferro che mirano a ritenerli diritti piantandosi nel ghiaccio. Voi conoscete ciò che i conduttori di diligenze chiamano meccanica; è una piastra che s'applica alle ruote della vettura col mezzo d'una vite a manovella.

un terreno unito e resistente; ad un 15° sur un terreno molle e paludoso e via.

Secondo Rumfort, se sul pavimento il tiraggio può essere espresso da 30 chil., esso è di 40 sur una carreggiata a pietre, di 60 a 125 nelle sabbie, di 130 a 140 sur un ciottolato fresco. Un cavallo può tirare sur una strada di ferro un peso dieci o dodici volte più grande che sur una strada ordinaria.

La diligenza, senza questa precauzione, sarebbe forse tratta al di sopra dei cavalli, perocchè verrebbe strascinata da una forza costante, la quale accrescerebbe a ciaschedun passo il movimento. Infine, l'uso della lima, della sega, della molla è dovuto interamente all'attrito *1.

MARIA. Per mia parte non dubito dell'importanza dell'attrito. Avviene egli lo stesso dell'urto dei corpi?

MORIZIO. L'urto dei corpi offre all'osservatore fenomeni estremamente varii. Noi non ne studieremo che quanto ci è necessario per darvi un'idea de'suoi principali caratteri.

Sospendo due palle di piombo ricoperte d'uno strato spesso d'argilla, di cera o d'altro corpo pochissimo elastico. Queste palle sono sospese in modo da toccarsi solamente. Spostiamole dalle due parti opposte, e lasciamole ricadere in un tempo medesimo; elleno s'incontreranno al punto ove rimangono in riposo.

MARIA. Supponendo che siansi elevate alla medesima altezza?

ALBERTO. Anche ad altezze differenti; perocchè un pendolo ha vibrazioni uguali, ben me ne

*1 L'azione dei chiodi, dei cunei, delle morse, è dovuta all'attrito: senz'esso, eglino sdruciolerebbero e non sarebbero d'alcun vantaggio. È di fatto l'attrito che li impedisce di sdruciolare uno sull'altro; è a lui che i gambi di canapa e di lino debbono la virtù di formare de'filì più o meno tenaci.

ricordo, qualunque siasi la loro ampiezza, purchè la lunghezza resti la medesima.

MORIZIO. Alberto ha ragione. Noi abbiamo già osservato questo fatto: ma Mariotte ne osservò altri, da cui ha dedotto due leggi importanti:

1^a Dopo l'urto, la velocità delle due biglie è uguale;

2^a Dopo l'urto, la quantità di movimento è la stessa che prima.

Queste due leggi servono di principio al pendolo ballistico, che serve a determinare la velocità delle palle da cannone.

Questo pendolo consiste in una massa concava pesantissima e sospesa come il pendolo ordinario. La palla slanciata dal cannone va a battere nella cavità del pendolo e lo fa muovere; dall'altezza cui egli giunge si deduce la velocità *1.

*1 Supponiamo che una palla da cannone di 12 chil. elevi a 5^m un pendolo di 468 chil.; il peso comune è di $468+12=480$; la velocità ricevuta è $5^m \times 2=10$. La quantità di movimento dopo l'urto è $480 \times 10=4800$. Prima dell'urto, la quantità di movimento era la stessa secondo la legge di Mariotte. Ora, la quantità di movimento agguaglia il peso del corpo moltiplicato per la sua velocità: vale a dire $=12$ chil. $\times x=12x$; per conseguenza $12x=4800$; d'onde $x=\frac{4800}{12}=400^m$. La velocità d'una palla da cannone nelle condizioni di questo esempio è dunque di 400^m.

Se si appunta la palla a 100 ovvero 200^m dal pendolo, si osserverà nel modo medesimo la velocità sua dopo un corso di 100 ovvero 200^m.

Quando le biglie che si fanno urtare coll'apparecchio di Mariotte sono elastiche, i risultati riescono del tutto differenti. La velocità dopo l'urto non è più comune: *v'ha scambio di velocità*.

Questa legge assai semplice che posa sur una osservazione costante dei fenomeni variati, si prova perfettamente colle biglie d'avorio che si fanno urtare. Ecco due biglie ch'io sospendo per un filo: la *bianca* è in riposo: io elevo la *rossa* e la lascio ridiscendere. Ella s'arresta percuotendo la bianca, la quale rimonta all'altezza a cui sarebbe pervenuta la rossa se non l'avesse incontrata. Se io pongo in movimento le due biglie in modo, che esse vadano all'incontro una dell'altra, la bianca, dopo l'urto, risale al punto da cui la rossa è discesa, e reciprocamente.

Se io sospendo a fianco una dell'altra una fila di biglie in modo da farle urtare, ciascheduna trasmette alla sua vicina il movimento impresso dall'ultima che si lascia cadere sulla seconda: l'ultima sola si distacca per risalire all'altezza da cui la prima è discesa. Le altre, comunicando il movimento ricevuto, paiono sensibilmente immobili.

La velocità con cui le biglie si comunicano il movimento è tale, che sarebbe necessario un corso di biglie estremamente lungo perchè il tempo sia calcolabile *1.

*1 Se si fanno cadere alcune fra le prime biglie di una fila, ve n'ha altrettante fra le ultime che si distaccano dalla fila per risalire in senso inverso.

MARIA. Tuttociò dovrà dunque riprodursi sur un bigliardo?

MORIZIO. L'effetto dell'urto sul bigliardo non è abbastanza semplice; perocchè le biglie sono quasi sempre animate da un doppio movimento. Esse girano su loro medesime nello stesso tempo che elleno s'*avanzano*. Combinare il colpo di stecca in modo da far giungere una biglia contro un'altra senza movimento di *rotazione*; la prima s'arresterà subito, la seconda ripiglierà il suo corso colla velocità medesima e la medesima rotazione.

La fisica spiega tutti i fenomeni del giuoco del bigliardo: ma io non voglio fare di voi due dotti giocatori, sviluppandone la teoria: mi limito perciò ad indicarvi, siccome per le altre applicazioni della fisica, il partito che le arti possono tirare da questa scienza.

Il principio più importante del giuoco del bigliardo, principio di cui vedremo molte importanti applicazioni, è il seguente: una biglia che va a toccare una sponda, traccia una linea che tocca la sponda medesima, e se ne distacca per allontanarsi. Questa linea forma due angoli colla sponda, e *questi due angoli sono eguali*.

Regola generale: *l'angolo d'incidenza è eguale all'angolo di riflessione*.

Se la vostra palla elastica fosse perfettamente rotonda, voi potreste servirvene per constatare questo effetto. Se voi la lasciate cadere sur una

pietra orizzontale, la sua elasticità la farà risalire per la linea medesima: se la pietra è inclinata, ella devierà risalendo.

ALBERTO. Un giocatore da bigliardo fa proseguire la sua biglia, o la fa girare sopra se stessa o la dirige da una designata parte, secondo che egli vuole.

MORIZIO. Tutti questi fenomeni dipendono dalla rotazione, e la rotazione dipende dalla maniera con cui la biglia è colpita dalla stecca. È facile vedere, che se, avvece di toccare il mezzo della biglia, la stecca colpisce un poco verso l'alto, essa imprime alla biglia un movimento di rotazione verso il punto a cui la slancia; se la stecca batte, al contrario, verso il basso, il movimento impresso tende a stabilire la rotazione nel senso opposto. Questa rotazione è contrariata dall'impulso: ma quando l'impulso passa ad un'altra biglia, la direzione si manifesta col movimento di ritorno che voi notaste *1. Chiudete fra due dita, nel mezzo della faccia piatta, una moneta da cinque franchi; ella tenderà a girare in un senso se voi la spingete nell'alto del profilo: ella girerà nel senso opposto se la spingete nel basso.

ALBERTO. Un fisico debb'essere dunque più abile che tutti gli altri al bigliardo?

*1 La rotella di cuoio che si pone a' di nostri in capo alle stecche, e che si frega colla creta spesso colorata in azzurro, ha per iscopo d'impedire alla stecca di scivolare, quando si vuole colpire la biglia fuori del mezzo.

MORIZIO. Qui pure, come in tutte le arti fisiche, la teoria ha benissimo la sua importanza; ma ella si considera assai poca cosa nella pratica senza l'esperienza. Voi dovete notare che m'appoggio principalmente sulla esperienza, ogniquale volta io annunzio un principio. Tante sono le cause a cui si pensa, le quali vengono a modificare i risultati della teoria; cosicchè gli è assai difficile tenere conto in una maniera perfetta. Così, riguardo al trucco, la giustezza del colpo d'occhio, la precisione con cui il braccio obbedisce alla volontà per dare l'impulso, tutto ciò che costituisce la destrezza, l'esercizio, è indipendente dai principii e modifica i risultamenti. Abbastanza ho parlato di questa materia, non già per insegnarvi a giocare il bigliardo, ma sibbene per farvi osservare d'un modo più piacevole alcuni effetti dell'urto dei corpi elastici *1.

Per rendervi conto del meccanismo dell'elasticità, attacchiamo con un filo da due punti opposti quest'anello flessibile, e facciamogli prendere per mezzo del filo medesimo, una forma ovale. Quando io taglierò il filo, l'anello ripiglierà

*1 FIGURA 4.

Quando una biglia B è colpita obliquamente da un'altra A, ella prende una direzione O A B perpendicolare alla tangente. La biglia che colpisce prende la direzione di questa tangente P A. La direzione primitiva di questa è la diagonale del parallelogramma costruito sulle due direzioni novelle. Noi ricadiamo qui pure nel principio così fecondo del parallelogramma delle forze.

vivamente la primitiva sua forma s'egli è elastico. Esso si slancerà verticalmente se tocca la tavola con uno dei due punti schiacciati; e farà abbassare alcun poco il bacino se lo tengo sur una bilancia. S'egli poi è collocato in piatto, prenderà la primitiva sua forma senza cambiare di luogo. Questi fenomeni spiegano perfettamente ciò che si passa quando si fa rimbalzare una biglia od altro capo elastico.

L'apparecchio semplicissimo di cui vi tenni parola formerebbe un arco se fosse ridotto a metà, e il raddrizzamento avrebbe tuttavia luogo come or ora se la corda di quest'arco fosse tagliata. Col mezzo d'un meccanismo tutto consimile è prodotta in noi la potenza di saltare.

MARIA. Solo che, saltando noi, non si taglia nessuna corda.

MORIZIO. Ho detto che il meccanismo era affatto consimile. Così, prima di saltare, si contraggono violentemente i muscoli, e stendendoli poi vivamente si rende alle parti rese arcuate o piegate la loro forma primitiva. Gli è questo doppio movimento che vi permette di elevarvi da terra in certe circostanze. Le cosce, le gambe ed i piedi formano così degli archi che si piegano in senso inverso per conservare l'equilibrio, e danno un impulso molto energico al corpo quando si raddrizzano.

ALBERTO. Io comprendo intanto perchè sono caduto ultimamente nell'acqua volendo saltare

a terra fuori d'un battello prima che fosse legato.

MORIZIO. Non poteva essere altrimenti. Saltando, voi spingete altrettanto forte verso il suolo che verso l'alto: se il suolo non resiste abbastanza, voi non saltate meno lontano. Qui avece del suolo voi vi appoggiate sur un battello leggero, cui il movimento del vostro corpo dovea respingere al largo, perocchè la gravità contrariava ancora il movimento che voi volevate imprimervi per guadagnare la sponda. Provatevi a saltare sul ghiaccio: il vostro piede non incontrerà una resistenza bastevole, a meno che voi non saltiate verticalmente, perchè allora l'attrito è pochissimo sensibile. Voi cadreste proprio al punto in cui vorreste darvi lo slancio, non in virtù dell'impulso datovi, ma in virtù della gravità: perocchè perdereste l'equilibrio portando in avanti la parte superiore del vostro corpo. Il vostro centro di gravità non avrebbe più la perpendicolare fra i vostri piedi.

Alla prossima lezione noi ci occuperemo dell'applicazione delle forze alle macchine.

TRATTENIMENTO QUINTO.

Delle macchine formate intieramente di corpi solidi. —
Leva. — Piano inclinato. — Corde. — Macchine com-
poste.

« Noi non avremmo che un'idea imperfettissima dei fenomeni prodotti dalle diverse forze che noi già conosciamo, se voi non sapeste come si applicano, come si modificano; perocchè è raro che una forza si applichi senza intermediario al punto preciso in cui ve n'ha bisogno.

Sono le macchine che modificano l'azione delle forze o cambiano la loro direzione. Per adesso noi non dobbiamo occuparci che delle macchine formate intieramente di corpi solidi. Tutte possono ridursi a tre primitive: *la leva, il piano inclinato, le corde.*

Accostiamoci, se vi piace, a questa casa di costruzione. Ciò che soprattutto attrae il vostro sguardo, o Alberto, sono questi ragazzi che giocano all'altalena. Benissimo: eglino ci offriranno un'utilissima lezione. Ecco una macchina semplice su cui essi giocano.

ALBERTO. Quella è una macchina? Ma se non è altro che un pezzo di legno in traverso sur un altro più grosso. I due ragazzi sono a cavallo sulle due estremità.

MORIZIO Precisamente: ed ecco là una *leva.*

MARIA. Io credea che una leva fosse una sbarra di ferro che s'introduce sotto un grosso masso di pietra per provare di sollevarlo.

MORIZIO. Questa macchina è egualmente una *leva*. I meccanici ammettono tre generi di *leva*, che hanno ciascheduno tre importanti punti a conoscersi:

- 1° Il punto d'appoggio o ipomoclio ;
- 2° La resistenza ;
- 3° La potenza.

Il punto d'appoggio nell'altalena di questi ragazzi è la trave su cui il pezzo di legno che ci ondola è appoggiato. Il palo di ferro con cui si sorregge una pietra, il punto d'appoggio, se la pietra si sorregga direttamente in capo alla *leva*, trovasi sulla terra dall'altro capo.

La *resistenza* è il peso da sollevarsi; la *potenza* è la forza che s'adopera. Questi ragazzi che giocano fanno alternativamente la *potenza* e la *resistenza*.

Quando il *punto d'appoggio* è in mezzo, s'ha una *leva* di PRIMO GENERE.

Quando in mezzo v'ha la *resistenza*, dicesi *leva* di SECONDO GENERE.

Quando si ha invece la *potenza* in mezzo, si ottiene una *leva* di TERZO GENERE.

Molte macchine non sono che leve o sistemi di leve. Le *cesoie* per esempio sono composte di due leve riunite nel loro punto d'appoggio. La *potenza* è rappresentata dalle dita che serrano un

capo di ciascheduna leva; la resistenza è l'oggetto da tagliarsi.

ALBERTO. Sono due leve di primo genere. Il punto d'appoggio è in mezzo.

MARIA. Se la cosa è così, v'hanno leve dappertutto; anche le molle da fuoco sono una leva.

MORIZIO. Elleno formano una doppia leva del terzo genere; la potenza è in mezzo: è la mano che serra il punto d'appoggio alla riunione dei due rami: la resistenza è il pezzo di legno che si abbranca per metterlo ad ardere.

ALBERTO. I remi sono anch'essi una leva senza dubbio, ma non so di che genere.

MARIA. Sono una leva di primo genere: il punto d'appoggio è sul battello; la resistenza, nell'acqua che si spinge.

MORIZIO. Non tutt'affatto. È una leva di secondo genere. Non è già l'acqua che si spinge, l'acqua offre il punto d'appoggio solamente. Di fatto, se la resistenza fosse l'acqua, si potrebbero far operare tutti i battelli altrettanto facilmente nelle circostanze medesime, qualunque fosse il loro peso. Eppure non è così: importa una potenza altrettanto più grande quanto più il battello pesa; la resistenza è in esso.

FIGURA 5.

Le ruote dentate sono vere leve. Di fatto, voi potete considerare una ruota come una riunione di diametri, di cui le estremità sono due denti

opposti B e C: voi non potete appoggiare al suolo il dente B senza far salire il dente opposto C.

ALBERTO. È una leva di primo genere: il punto d'appoggio è l'asse, centro della ruota: ciascun dente è alla sua volta la potenza, ed il dente opposto la resistenza.

MORIZIO. Voi avete potuto notare nella leva di primo genere, l'altalena per esempio, come s'abbia altrettanto maggior forza a pesare e sollevare l'altro capo, quanto si è più lontano dal punto d'appoggio. Così i ragazzi che noi osservammo or ora sono sicuramente d'un peso differente. Uno è più alto, l'altro piccolissimo. Ebbene: il piccolo è all'estremità del più lungo braccio di leva; e così fa equilibrio all'altro collocato all'estremità del braccio più piccolo. Importa renderci conto d'un fenomeno che l'esperienza ha fatto conoscere a questi ragazzi. L'equilibrio si stabilisce ogni qual volta che il *PESO della potenza, o della resistenza moltiplicato per la DISTANZA al punto d'appoggio* *1 dà un prodotto eguale dalle due parti.

MARIA. È difficile a comprendersi questa regola.

MORIZIO. Un esempio vi basterà. Collocate sur

*1 La distanza del punto d'appoggio non è sempre la lunghezza del tronco che si chiama ordinariamente braccio di leva. La vera distanza, il vero braccio di leva è la perpendicolare tirata dal punto d'appoggio sulla linea che rappresenta la direzione della potenza o del suo prolungamento.

un braccio di leva di 4 metri un peso di 20 chil., l'azione della forza è rappresentata da 20 chil. moltiplicati dalla distanza 4^m dal punto d'appoggio. L'azione della forza, IL MOMENTO *1 è espresso da 80. V'avrà equilibrio dall'altra parte della leva, in qualunque modo voi formiate 80 col peso della distanza.

Così il braccio di leva essendo 1^m, il peso dovrà essere 80 chil. perchè $1 \times 80 = 80$.

V'avrà pure equilibrio con $2^m \times 40 \text{ ch.} = 80$

$$3^m \times 26 \frac{2}{3} = 80$$

$$5^m \times 16 = 80$$

$$8^m \times 10 = 80 \text{ e via.}$$

Così, più è piccola la forza disponibile, più il braccio di leva debb'essere lungo per sollevare uno stesso peso.

MARIA. Potrei dunque sollevare un peso qualunque se potessi trovare una leva abbastanza lunga. Ciò è difficile a credersi.

MORIZIO. Tuttavolta in teoria è verissimo.

ALBERTO. Dunque io mi maraviglio del pregio che si dà alle forze potenti, perocchè colla forza più piccola posso giungere al risultato medesimo.

MORIZIO. No, caro: il risultato non è lo stesso. Fate muovere una leva di cui i bracci siano molto ineguali: il capo del piccolo braccio farà assai poco cammino, mentre l'altro ne farà molto di

*1 Principio del movimento. Dal vocabolo latino *momentum*, *movere*, muovere.

più. In altri termini, importa che la potenza si mova molto in capo al lungo braccio per far muovere d'una piccola quantità la resistenza. E se la potenza non può muoversi che con una velocità limitata, vi vorrà un tempo altrettanto più lungo per sollevare d'una quantità medesima la resistenza, quanto il suo braccio di leva sarà più lungo.

ALBERTO. Vale a dire, che si dovrà impiegare maggior tempo per un bisogno stesso.

MORIZIO. Benissimo. Un cavallo attaccato ad una leva potrà sollevare in certe condizioni una pietra di 1000 chil. Esso potrebbe elevare una pietra di 2000 chil. se il braccio di leva fosse doppio; ma avrebbe doppio cammino a fare, e sarebbe necessario due volte tanto di tempo *1.

Quando dunque si vuole impiegare meno forza, convien sacrificare della velocità o del tempo da cui è rappresentato; quando s'ha bisogno di velocità, debbesi impiegare invece maggior forza.

MARIA. Ho letto qualche volta questo motto di Archimede: *Datemi un punto d'appoggio, ed io solleverò la terra*; esso avrebbe dovuto dire: *Datemi un punto d'appoggio ed una leva abbastanza lunga.*

MORIZIO. Si supplisce facilmente alla lunghezza della leva col mezzo di ruote dentate a punta.

*1 Noi facciamo qui astrazione dall'attrito e simili che occuperebbero una più grande parte della forza in una macchina più grande.

La potenza è applicata a più grande circonferenza; la resistenza s'applica alla più piccola *1: è chiaro che la potenza ha il più gran raggio per braccio di leva, e la resistenza il più piccolo. Si possono far imboccare i denti a punta nei denti di un'altra ruota, attalchè il raggio di questa ruota, armata ella stessa d'un nuovo rocchetto, sia il grande braccio d'un'altra leva. Si può facilmente, moltiplicando così le imboccature, applicare ad un peso qualunque un sistema di leve, col mezzo delle quali si potranno produrre i movimenti lenti con pochissima forza, rapidi con una forza maggiore. È così che nelle filature v'hanno ruote ad ogni grado di velocità, e così che in un pendolo, in una mostra, in un girarrostro e simili, il movimento si trova spesso ripartito secondo il bisogno.

ALBERTO. Il detto d'Archimede non è dunque una ciancia.

MORIZIO. Non debbesi attaccare a questo detto una grande importanza; egli vuole significar solamente, che in teoria non v'ha peso che sollevare non si possa. È chiaro che ciò si riduce alla enunciazione un po' più pittoresca d'un principio di fisica. Quanto all'esecuzione reale, sarebbe un'assurdità; calcolando il peso della terra, è facile riconoscere che la forza di cui Archimede avrebbe potuto disporre, non sarebbe stata

*1 Veggasi la figura 6, pag. 109.

capace d'elevare di più centimetri il globo della terra dal cominciamento del mondo: ciò può calcolarsi in un modo esattissimo. Si dovrebbe inoltre supporre che, fra le migliaia di ruote da impiegarsi, l'attrito sarebbe incalcolabile: bisognerebbe supporre ancora, che troverebbesi un corpo abbastanza duro e abbastanza solido da non consumarsi, da non deteriorarsi e via.

ALBERTO. Si sa benissimo che non si verrà mai alla esecuzione.

MORIZIO. È vero; ma io mi fermo su questo punto, perocchè trovansi sovente de' giovani fisici i quali, cercando di spingere agli estremi le conseguenze d'un principio che va loro a genio, costruiscono con grandi spese macchine impossibili. La terra non verrà certo sollevata, ma si vorrà almeno sollevare un peso a cui non resisteranno gli agenti e le macchine che possano mettersi in uso.

ALBERTO. Dietro le nozioni che noi abbiamo della gravità o dell'attrazione universale, la gravità dirigendosi verso il centro della terra, tutti i corpi pesanti tendono ad essa; la terra non pesa dunque realmente nulla, se si consideri nel suo insieme. Le sole sue parti pesano perchè sono attratte al centro comune.

MORIZIO. V'ha del buono in ciò che voi andate dicendo; nullameno la terra è attirata verso il sole dalle leggi dell'attrazione universale: ma ella ne è tenuta lontana dalla forza centrifuga

risultante dal suo movimento annuale di rotazione intorno a quest'astro. Ciò basta: e noi ci siamo già troppo allontanati dal nostro soggetto per una parola di un grand'uomo. Comprendete solamente, che col tempo si può, giusta il principio, sollevare di grandi pesi; ma che importa tener conto della poca durezza dei materiali che s'impiegano, e soprattutto dell'attrito che consuma inutilmente una parte della forza.

Prima di terminare il discorso che ragguarda le leve, voglio dirvi una parola del loro impiego nel corpo umano, che non è formato d'altro se non di leve. Fate attenzione al movimento delle vostre braccia; vi è facile conoscere alla piegatura che s'appella *salasso*, la presenza dei nervi i quali vanno ad unirsi un po' più lontano sul davanti del braccio, e lo fanno piegare tirandolo. Il cubito è una leva del terzo genere. Il punto d'appoggio è al gomito: la resistenza si colloca nella mano; la potenza risiede interamente nel nervo, che contraendosi costringe la leva a muoversi e il braccio a piegarsi.

ALBERTO. Pare che questa leva dia minor forza che le altre: è egli un sistema svantaggioso?

MORIZIO. Tutto ciò che Dio fece è benissimo fatto: è dunque a credere che alcuni vantaggi compensino questo difetto. Io ne trovo subito due importantissimi; la forma più semplice e più commoda del braccio, e la facilità dei movimenti. Collocate la potenza al gomito: e troverete voi

forse un punto d'appoggio per avere un apparecchio così comodo? Una leggera contrazione basta per produrre un movimento pronunziatissimo. Quale inconveniente, se abbisognasse una contrazione grande per un movimento piccolissimo! Non è egli chiaro che le articolazioni sarebbero più faticose e i movimenti molto più tardi? Noi troviamo tuttavia degli esempi di leve del primo genere nell'uomo. I piedi, a cagione d'esempio, formano una leva di questo genere, perchè noi abbiamo bisogno precisamente d'una grande forza in essi.

Il PIANO INCLINATO debbe facilitare molto l'azione delle forze, perocchè diminuisce, come vedemmo, l'azione della gravità. Se io non ho che una forza di 100 chil. per sollevare una pietra che ne pesa 1000, stabilirò un piano inclinato eguale a 10 volte l'altezza a cui voglio giungere; la pietra portata su rotoli lungo questo piano peserà dieci volte meno.

MARIA. Ma ella farà dieci volte più di cammino, e occuperà, per conseguenza, dieci volte più di tempo.

ALBERTO. È sempre la cosa medesima. Non si può guadagnare in forza che a spese della velocità, e in velocità non si guadagna che a spese della forza.

MARIA. Sono molto in uso questi piani inclinati?

MORIZIO. Ad ogni momento. Un cavallo che

trascina una vettura arrampicandosi per l'alto mette in pratica la teoria dei piani inclinati. Voi potete, col principio che vi ho enunciato, giudicare del carico che può trascinare un cavallo salendo, se sapete qual è il peso che potrebbe sollevare perpendicolarmente in un dato tempo, e quale è il declivio della strada a percorrere *1.

Voi credete che l'uso del piano inclinato sia raro, perchè supponete essere sempre la resistenza che si fa muovere sul piano; ma più spesso è il piano medesimo che si costringe a progredire, restando immobile la resistenza.

Un cuneo col quale fendesi il legno non è egli un doppio piano inclinato, che si fa sdruciolare fra due masse di legno resistenti?

ALBERTO. In questo caso la scure medesima è un piano inclinato, i chiodi, gli aghi, sono piani inclinati; i coltelli, i denti agiscono allo stesso modo.

MORIZIO. Sicuramente. Voi vedete che l'uso del piano inclinato è frequentissimo. È vero che il coltello agisce altrettanto tagliando, vale a dire come una sega a denti eccessivamente fini, e come un cuneo: tuttavia esso partecipa di queste due sorta d'azione. Si trovano uomini abba-

*1 Questi dati teorici debbono ancora modificarsi in ragione dell'attrito che si stabilisce. È per questo motivo che s'usa sempre il dinamometro (veggasi questo vocabolo nel dizionario) per misurare la forza di tramento sur una strada qualunque.

stanza perspicaci ed esperti da battere a grandi colpi sur un rasoio colla palma della mano senza tagliarsi: gli è perchè battono perfettamente appiombo senza trascinare la mano sul taglio. Il rasoio perde molto quando non agisce che come un cuneo.

Talvolta si rotola il piano attorno ad un tronco fermo; esso prende allora il nome di vite. Il corpo che si fa muovere lungo questa vite è ordinariamente una *chiocciola*. Talvolta la *chiocciola* è fissa e la vite è mobile; altre volte avviene tutto il contrario. Voi vedeste le viti e le *chiocciole* spesso impiegate affine di premere gli oggetti. Quando si richiede una grande forza, come nei torchi di vino o di cedro, s'aggiungono alla *chiocciola* o alla vite dei bracci che agiscono come bracci di leva. I *succhielli* e i *tiraturaccioli* sono macchine composte d'una vite tagliata a forma di cuneo: è dunque un piano inclinato. Quando il filetto è tagliente, essi agiscono come una *sega*.

La vite perpetua è impiegata talora per sollevare dei pesi, imboccando in una ruota dentata; sovente s'usa, come nel *girarrostro*, a modificare l'azione di un peso.

FIGURA 6.

V'ha un'altra specie di vite, la *vite d'Archimede*, macchina ingegnosa che serve a sollevare l'acqua, quando l'altezza non è considerevole. Essa è formata d'un tubo M arruolato intorno ad

un cilindro di legno. L'estremità del tubo A è immersa nell'acqua che si trova successivamente imprigionata in ciascheduna spirale della vite, e sospinta dalle pareti che scivolano di sotto. Vi è facile vederne l'effetto curvando un tubo di vetro *1, in modo da attribuirgli la forma della vite d'Archimede.

Le CORDE formano la terza specie di macchine semplici di cui debbo discorrervi. S'impiegano di frequente per cambiare la direzione della forza; la loro flessibilità forma dunque il precipuo loro merito.

ALBERTO. Le corde debbono trasmettere tutta la forza senza attrito, quando questa tira direttamente la resistenza, ovvero con un attrito piccolissimo, facendole passare sur una puleggia; è cosa senza dubbio utile usarne ogniqualvolta sia possibile.

MORIZIO. Le corde hanno de' vantaggi e degli inconvenienti che loro sono proprii; importa saper profittare degli uni neutralizzando gli altri. Così un cavallo tira un battello sul margine di un fiume; la regola del parallelogramma delle forze ci prova che, quanto più la direzione del traimento è vicina alla direzione del battello, minore quantità di forza si perde: sarebbe dunque ottima cosa se il cavallo fosse nel più pos-

*1 Veggasi nei *Trattenimenti sulla Chimica* (nozioni di manipolazione) il modo di curvare i tubi di vetro, pag. 235 e seg.

sibile modo davanti al battello stesso; ma d'altra parte, la corda è pesante, soprattutto quando è immollata; la sua gravità la strascina verso il centro della terra; il cavallo non tira dunque più nella direzione orizzontale, ma nel senso indicato dalla curvatura, la quale è tanto più grande, quanto più la corda è più pesante e più lunga. Può dunque farsi in modo che l'inconveniente di questa seconda direzione renda nullo il vantaggio d'un traimento più diretto. In ogni caso, voi vedete essere ognora utile cosa per un battello tirato, avvicinarlo quanto più si può alla sponda, purchè la profondità dell'acqua lo permetta, e che la corrente non vi sia più rapida.

FIGURA 7.

La curvatura della corda è un inconveniente in certi casi, e un vantaggio in altri. Un piccolissimo peso può bene sollevare due pesi considerevoli. Una lampada sospesa in mezzo ad una strada somministra un esempio di questa maniera d'impiegare la corda. Essa vorrebbe, affine d'essere tenuta dalle due parti della strada, un peso assai più notevole che non il proprio. Il raziocinio ci condurrebbe ad indicare esattamente il punto preciso da cui debbe pendere una lampada secondo i punti a cui s'attiene. Il colpo d'occhio esige spesso che le lampade siano in linea. Basta perciò osservare, che le corde A O e O B le quali sorreggono la lampada, formano

colla sua verticale due angoli eguali fra di loro.

L'impiego più curioso delle corde è quello che si fa nei ponti sospesi. Questa invenzione tutt'affatto moderna, di cui i selvaggi ci diedero l'idea, è ingegnosissima. Si stende in una direzione voluta una grossa corda composta di catene di ferro, o piuttosto d'un certo numero di fili di ferro chiusi e compatti in fascette. Di tratto in tratto si calano altre catene o corde parimente di ferro che sostengono a ciascheduna sommità il tavolato del ponte. D'ordinario, la sicurezza dei passeggeri esige molte corde grosse consimili da ciascheduna parte. La prima corda minore è attaccata alla prima corda grossa, la seconda alla seconda, la terza alla terza: poscia la quarta di nuovo alla prima, la quinta alla seconda e via. A questo modo una delle corde grosse potrebbe rompersi senzachè il ponte debba partecipare alla caduta.

ALBERTO. Le colonne che sostengono in aria le corde maestre alle due estremità del ponte sospeso, debbono essere sommamente solide, perocchè elleno hanno un traimento enorme a neutralizzare, dietro a ciò che poco fa diceste.

MORIZIO. Così non si fissano già queste corde alle colonne; si fanno passar sopra invece su rotoli, da cui scendono a fissarsi sotterra in mezzo ad una massa incrollabile di muramento.

ALBERTO. V'ha ella una data curvatura per le corde maestre?

MORIZIO. Senza fallo. La curvatura più convenevole è indicata ai fabbricatori dalla lunghezza della corda ed al suo peso. Si sa esattamente quale traimento importi impiegare per giungere a questo risultato: il calcolo è così preciso in questo riguardo, che gl'ingegneri incaricati di simili costruzioni preparano, prima di porsi all'opera, tutto ciò che è necessario, cosicchè un ponte può esser gettato sur un fiume in otto soli giorni, senza la menoma esitazione e con una precisione maravigliosa. Il solo muramento debb'essere fatto prima *1.

Le macchine impiegano sovente *corde perpetue*, siccome pure richieggono delle viti consimili. Voi vedeste senza dubbio l'apparecchio con cui gli aguzzini di coltelli comunicano il movimento della ruota alla pietra molare: è una corda arruolata sulla ruota insieme e sur una goletta circolare accanto alla pietra. L'attrito fa girare quest'ultima quando una forza qualunque venga a muovere la prima. La corda perpetua ha de' particolari vantaggi. Quando la pietra debba girare con grande velocità, ella s'ottiene con una maniera semplicissima. Se la ruota ha un metro di circonferenza e la goletta della pietra un decimetro solamente, la corda che strofinerà necessariamente altrettanto di superficie

*1 Una corda a cui s'attaccano pesi di luogo in luogo, chiamasi *poligono funicolare*.

sull'una quanto sull'altra, farà descrivere dieci giri alla goletta, mentre che la ruota non ne descriverà che uno. Ecco senza fallo un apparecchio semplicissimo e utilissimo nel tempo stesso. Nelle filature, la forza motrice fa girare un cilindro adatto che traversa la lunghezza intera del filatoio, e che dicesi tamburro. Su questo tamburro, in faccia a ciaschedun telaio, si trova una corda perpetua che corrisponde con un altro tamburro attenente al telaio e distribente il movimento da tutte le sue parti. Per far operare il telaio, basta passare la corda perpetua, formata d'altronde d'una lista di cuoio piatta, sul tamburro del telaio medesimo. Quando vuolsi arrestare, il movimento d'un rigido manico svia la corda alcun poco, la quale si raccoglie sur una puleggia folle *1: le più ingegnose macchine non sono sempre le più complicate.

MARIA. V'ha tuttavolta delle complicatissime macchine che sono assai ingegnose, o almeno che tali appaiono.

MORIZIO. Noi veniamo al loro esame. Non vi parlerò che d'alcune, e solo perchè abbiate un'idea delle principali disposizioni che si riproducono in gran parte fra loro. Gli è piuttosto

*1 Dicesi così una puleggia che gira senza far nulla girare. Essa non è posta là che per tenere la corda perpetua ognor tesa sotto la mano dell'operaio, in guisa che egli non ha a fare che un leggero movimento per arrestare o mettere in moto il telaio.

vedendole coi proprii occhi, che voi imparerete a conoscere l'utilità delle macchine; non vi ci terò dunque, per esempio, che quelle le quali sono meglio a vostra conoscenza.

Fra le principali trovansi la puleggia mobile, l'argano, la capra e il martinetto.

FIGURA 8.

Voi avete veduto gli operai trarre il fieno sul fenile; avete dunque un'idea della puleggia semplice. Questo apparecchio basta per sollevare de' pesi che non sono al di sopra delle forze ordinarie di colui o di coloro che tirano la corda. Ma se occorresse sollevare d'un solo colpo un peso P che esigesse metà più di forza, si fisserebbe all'abbaino un capo della corda A , e prima di far passare l'altro capo sulla puleggia ordinaria B , vi s'infilerebbe una puleggia mobile C . La sola vista dell'apparecchio prova essere necessaria una forza minore della metà per sollevare lo stesso peso, poichè questo peso è sorretto per una parte dal punto fisso A , e la forza viva si attacca solamente all'altra parte B .

ALBERTO. Eccovi ciò che io pensava. Sollevo colla puleggia mobile un peso doppio: io raddoppio dunque la mia forza, faccio doppio lavoro.

MORIZIO. Non andate così lontano: qui, siccome in tutti i casi, voi non ottenete forza che a spese della velocità.

ALBERTO. La velocità è la stessa; io tiro con tutta la mia forza sì in un caso che nell'altro.

MORIZIO. Ma voi sollevate il peso metà meno presto, perocchè importa che voi tiriate due metri di corda perchè la puleggia ne ascenda uno; vedete bene che la corda è doppia, e prima che il peso sia a luogo, dovete tirarla tutta.

ALBERTO. Anche qui dunque la quantità di movimento, la velocità e la potenza sono in rapporto; si compongono o decompongono le forze, ma non si creano.

MORIZIO. Si fa della puleggia mobile un frequente uso per tendere le vele de' bastimenti; essa prende allora il nome di argano.

FIGURA 9.

Eccone un saggio. Voi vedete che l'argano è composto d'una serie di puleggie fisse, a ciascuna delle quali corrisponde una puleggia mobile. La potenza di colui che tira in R diviene così quattro, sei, otto volte e via più grande, che se egli tirasse con una puleggia semplice; ma conviene ch'egli tiri quattro, sei, otto volte più di corda per ottenere lo stesso risultato *1.

*1 Il risultato non è tutt'affatto il medesimo. Il peso dell'apparecchio è più grande; l'attrito è più considerevole. In pratica, v'ha duunque sempre perdita di *quantità di movimento* ogni qualvolta che moltiplicando gli apparecchi si cerca di economizzare la forza a spese del movimento.

FIGURA 10.

La capra, di cui uno si serve per sollevare i pesi, non è, siccome la gru, altro che un vericello A B, attorno al quale si arruola una corda girandolo con braccio di leva, e che è armato di puleggie di rinvio O, adatte a dirigere il movimento.

FIGURA 11.

Il martinetto può ridursi ad una catena da camino, che si fa salire coll'aiuto d'un rocchetto a denti acuti B, mosso da una manovella M, la quale fa pure l'ufficio di leva. Moltiplicando le ruote si economizza la forza a spese della velocità. La testa della catena A è quella che solleva d'ordinario i pesi. S'usa spesso questo apparecchio per sollevare i lucignoli delle lampade, non perchè si richiegga una grande forza, ma perchè una grande regolarità si richiede.

Con un po' d'attenzione vi sarà facile decomporre tutte le macchine per classare le loro diverse parti, sia fra le leve, sia fra i piani inclinati e sia fra le corde. La *macchina umana*, così semplice e così perfetta, non è altramente composta; noi ne vedemmo già degli esémpi.

Quando si voglia calcolare la potenza, il merito d'una macchina e via, importa saper misurare l'*effetto utile* ch'ella produce in un tempo dato. Fu necessario adottare un punto di paragone per

tutte le forze, come si adottò un punto di paragone, il *metro*, per tutte le lunghezze; un altro, il *litro*, per le capacità. L'unità di forza dicesi una *dinamia*.

ALBERTO. Io conosco benissimo questo vocabolo, il quale viene dal greco *δύναμις*, che significa forza, potenza.

MORIZIO. L'unità dinamica è l'unità del *peso* elevata all'unità di *altezza* durante l'unità del *tempo*. Solo, invece d'esprimere l'unità di peso per 1, esprime per 1,000. L'unità di altezza è un metro; l'unità di tempo, un minuto. Del resto, tutto ciò è di convenzione; il punto importante si è di non paragonare insieme se non unità della medesima natura quando si paragonino due macchine.

MARIA. Qual è la potenza del cavallo di maneggio, per esempio, del giardiniere?

MORIZIO. Avviciniamoci al giardino, e lo vedremo. Importa soprattutto conoscere la profondità del pozzo; possiamo calcolarlo benissimo col mezzo della corda che si raccoglie intorno al tamburro. Quando la secchia è in alto, v'hanno trentatré giri di corda di più che quando essa è a fondo: ciaschedun giro è un metro giusto. Per poco che noi conosciamo il peso sollevato, constateremo il tempo, con una osservazione di qualche minuto. Così la secchia poco più poco meno pesa novanta litri: e siccome un litro d'acqua pesa un ohil., il cavallo solleva novanta chil. alla

volta. Noi possiamo assicurarci coll'orologio alla mano, che si estrae una secchia d'acqua per minuto. S'ottengono dunque in un minuto novanta chil. elevati a trentatrè metri; ovvero trentatrè volte più di chilogr. elevati a un'altezza trentatrè volte minore, vale a dire 2,970 chilogr. elevati ad un metro in un minuto. Sono quasi tre dinamiche.

ALBERTO. Potrebbe accadere che un cavallo più robusto ne facesse di più.

MORIZIO. In questo caso l'osservazione permetterebbe di paragonare perfettamente la forza dei due cavalli *1.

MARIA. Potrebbe anche darsi che lo stesso cavallo facesse più lavoro ad un altro pozzo?

MORIZIO. Sì certo; in questo caso quest'altro pozzo sarebbe meglio ordinato nel suo maneggio; l'attrito sarebbe minore, le parti sarebbero meglio disposte. Voi avreste un punto di paragone, non più fra due forze, ma fra due macchine: questo risultato non è meno utile che il primo.

*1 È ben inteso che questa osservazione debb'essere sufficientemente prolungata, e che le circostanze debbono essere le medesime. Nessuno ignora che stimolando un cavallo gli si può far eseguire maggior lavoro: ma in questo caso, non si potrà far durare così a lungo tutti i giorni. È importante che l'intelligenza dello sperimentatore s'applichi a correggere ciò che i dati dell'esperienza possono avere di falso.

MARIA. Odo parlare di macchine a vapore della forza di cento, dugento, trecento cavalli, che vuol dire questo?

MORIZIO. Questo calcolo è assai arbitrario; nullameno si conviene generalmente a' di nostri, che una macchina della forza di un cavallo è quella che sarebbe capace di sollevare 250,000 chil. ad un metro in un'ora. Di modo che prendendo l'ora per unità di tempo, l'opera del cavallo - vapore è di dugentocinquanta dinamiche. Il cavallo che noi esaminammo or ora dava appena tre dinamiche per minuto, o cent'ottanta per ora *1.

*1 Il lavoro dell'uomo produce un *effetto utile* più o meno grande, secondo che s'applica ad una macchina più o meno perfetta. Un uomo che rotola un peso sur una carretta, si faticherà meno se la maggior parte del peso si trova gettata sulla ruota medesima, perocchè allora il peso da lui sollevato sarà menomo: esso non avrà che a sospingere; ma se il carico si trova troppo vicino alle sue braccia, egli dovrà tutto in una volta portare e far girare il traino.

Fatta ogni riserva intorno all'arbitrio delle valutazioni che eseguire si possono, noi riuniamo qui i numeri più comunemente ammessi.

Quattro uomini lavorando a sollevare delle pietre col mezzo d'un argano, sollevano ogni giorno di 8 ore 119 metri cubi di pietra ad un'altezza media di 3^m5. Il peso d'un metro cubo è di 2600 chil.

Un uomo produce dunque in questo caso 270 unità dinamiche;

Con una manovella, non produrrà che 173 dinamiche;

V'hanno macchine d'un genere affatto diverso da quelle che fin qui esaminammo, benchè fondate sui principii medesimi; s'appellano mac-

Con una puleggia, nella giornata di 6 ore solamente, a cagione della fatica, il prodotto è di 78 dinamie;

Senza puleggia, non produrrà sollevando un peso che 73 dinamie;

Se si porta il peso sulle spalle salendo una scala, si produrranno 56 dinamie. (Si suppone il peso portato di 65 chil.; la velocità verticale, per secondo, 0^m,04 cent. la giornata di 6 ore).

Quando noi impieghiamo la forza dell'uomo a trasportare sur un terreno orizzontale e non a sollevare, i risultati sono assai differenti. L'effetto utile è di 756 unità (peso portato sul dorso, 65 chil.; velocità per ogni minuto secondo, 0^m75; la giornata, di 7 ore).

Lavoro all'argano, 8 ore per giorno	208	unità
— alla carretta, 10 ore	1080	»
— con piccolo carrettino, 10 ore	1810	»
— tirando un battello, 10 ore	55000	»

Un cavallo porta 120 chil.; quando fa 1^m10 ogni secondo e lavora 10 ore sur un terreno orizzontale, produce 4759 unità. Se va al trotto (velocità 2^m20), non lavora che 7 ore e dà solamente 4435 unità.

Un cavallo di forza media non può tirare più di 350 chil. duranti alcuni istanti. Il carico che gli si dà quando s'attacca ad un carro è di 700 chil., il suo tiraggio di 40. Egli cammina così 10 ore ogni giorno, e fa una lega all'ora.

Si caricano qualche volta i cavalli di 1000 chil. Il tiraggio è circa di 111 chil. Sur una strada di ferro, un cavallo può tirare da 10 a 12 mila chil. e fare 10 leghe in una giornata.

Si calcola la forza del cavallo sette volte quella dell'uomo.

chine di precisione. Le bilance e i movimenti d'orologio sono le principali.

Voi conoscete assai bene la bilancia ordinaria. Ella si compone di due gusci sospesi alle due estremità d'una leva, così detta raggio pesante, di cui il punto d'appoggio è in mezzo. Si fanno oggigiorno bilance estremamente sensibili; ma la loro sensibilità le rende molto più delicate a trattarsi.

MARIA. Vi vogliono molte precauzioni perchè una bilancia sia giusta?

ALBERTO. Importa anzitutto che i bracci siano perfettamente simili.

MORIZIO. Sì, per la loro lunghezza. Ora, questa lunghezza si misura a partire dal punto di sospensione dei bacini fino al punto d'appoggio: questa lunghezza è la distanza reale fra i due punti, ma ella è indipendente dai contorni che si possono far fare al metallo.

I punti di sospensione e d'appoggio nelle bilance delicate debbono essere perfettamente liberi; essi sono composti soventi di lame triangolari d'acciaio durissimo, di cui il taglio posa sull'appoggio.

I punti di sospensione e il taglio del coltello debbono essere sur una stessa linea orizzontale; se l'appoggio fosse più alto, la bilancia sarebbe poco sensibile: se fosse più bassa, la bilancia riescirebbe *stramba* per alcuni pesi: ella non oscillerebbe più convenientemente. Voi com-

prenderete benissimo questo, se vi richiamate a mente ciò che dicemmo del centro di gravità *1.

ALBERTO. Queste cose sono difficili a verificarsi; è dunque assai difficile sapere quando una bilancia è perfettamente giusta.

MORIZIO. Non sarebbe così se voi doveste giustificare *a priori* il complemento delle condizioni volute: ma basta per voi che i risultati vi forniscano delle indicazioni precise. Così il miglior mezzo di verificare una bilancia, gli è di fare un peso colle prime sostanze che vi vengono fra mani, finchè l'aguglia della bilancia sia 0, vale a dire sinchè non segni bene l'equilibrio. Poi cambierete queste sostanze di guscio; se l'equilibrio si conserva, la bilancia è giusta.

Col metodo di Borda, una bilancia inesatta può servire a pesar giusto. Mettete l'oggetto da pesarsi nella bilancia e caricate l'altro guscio d'un oggetto qualunque che gli faccia equilibrio. Sostituite in seguito alla prima sostanza i pesi necessari per ristabilire l'equilibrio, e voi avrete un pesamento giustissimo quand'anche tale non sia la bilancia, purchè tuttavia ella trovisi assai sensibile, vale a dire ch'ella *trabocchi* per una piccola addizione di peso. Le bilance ordinarie di precisione traboccano ad un milligramma con un peso di cento grammi.

*1 Veggansi pure i nostri *Trattenimenti sulla chimica*, vol. II, pag. 248.

Le più sensibili sono quelle che oscillano più lentamente *1.

La *stadera* è una bilancia di cui i bracci sono ineguali. Ad uno dei bracci è attaccato un guscio, o l'uncino destinato a sostituirlo secondo l'uso che se ne vuol fare. All'altro braccio graduato è attaccato un peso unico che sdrucchiola a volontà. Si può ammettere che il braccio lungo faccia esattamente equilibrio al più corto aumentato del peso del guscio. Per fissare le idee, noi ammetteremo pure che il piccolo braccio ha quattro decimetri, mentre che l'altro è lungo un metro.

Io carico il guscio, e sdrucchiolo quindi il peso lungo il braccio, finchè l'equilibrio si stabilisca. Se in tale momento il peso è a quattro decimetri del peso di sospensione, il carico è uguale al peso; se è a due decimetri solamente, esso fa equilibrio ad un carico doppio; se è di due chilogr., il carico ne pesa quattro.

ALBERTO. Se nelle stesse circostanze il peso era a otto decimetri dal punto d'appoggio, esso sarebbe in capo ad un braccio doppio, il peso del carico sarebbe metà meno.

*1 La dimostrazione di questi principii appartiene alla meccanica razionale, e non può in alcun modo far parte di questo libro. Diciamo solo, che se si esprime per

L la lunghezza del raggio pesatore,

L' la lunghezza della guglia,

P il peso della bilancia senza carico,

D la distanza del centro di gravità dal punto d'appoggio ;

la sensibilità sarà espressa da $\frac{L L'}{P D}$

MARIA. I fanciulli fanno dunque una stadera, quando giocano a bilichi sur un pezzo di legno che ciondola; il più alto si mette tanto più vicino al punto d'appoggio, quanto è più pesante.

MORIZIO. Se noi volessimo continuare l'esame sino al fine, vedremmo che la lunghezza del braccio di leva di ciascheduno di loro è esattamente in ragione inversa del suo peso.

ALBERTO. Io veggio laggiù un carrettiere che vuol rimettere in equilibrio sull'asse la sua carretta riversata per di dietro. Vedete, egli si fa reggere sur una delle stanghe: il carico è troppo pesante all'indietro. S'egli avesse ascoltato voi, saprebbe che invece di tirare la stanga pel mezzo, dovrebbe prenderla pel capo.

MARIA. Egli lo sa certo, perocchè ecco là che egli sale su non so che per giungere all'estremità della stanga. Egli la tiene: benissimo; ecco là la carretta che si ripone in equilibrio.

MORIZIO. Voi vedete che a ciaschedun passo i fatti vengono a moltiplicarsi sotto i nostri occhi per ispiegarci nel modo più naturale tutte le conseguenze di un principio. I movimenti d'orologeria vi somministreranno un nuovo esempio d'applicazioni d'un altro genere che si possono fare delle macchine semplici; eglino ci dispenseranno d'entrare per adesso in molti ragguagli.

Io scelgo di preferenza ad esempio di movimento composto un pendolo od una mostra, perchè voi ne avete spesso sott'occhio.

In un pendolo v'ha una molla che si tende o un peso che tira verso la terra: la potenza risiede in uno di questi due oggetti, il quale dicesi il *motore*. Ricaricare un pendolo è tendere la molla o sollevare il peso.

La molla o la corda del peso dovrebbero tendersi immediatamente; ma essi non possono esserlo senza far muovere un certo numero di ruote. Tuttavia, se non vi fossero che queste ruote per ritardare il movimento, esso si ristabilirebbe in pochissimo tempo, e non offrirebbe irregolarità alcuna. È un pendolo che, negli orologi, regolarizza il movimento. Vedete un grosso orologio, e seguite il movimento del bilanciere. Voi vedrete che per questo movimento due palette s'interpongono a ciascheduna oscillazione, e alternativamente fra i denti d'una ruota, la quale tende a girare senza posa, stimolata com'ella è dall'azione del peso.

ALBERTO. Allora si è certi, che se il bilanciere ha la lunghezza dovuta per battere i secondi, esso non passa che un dente per ciascheduna oscillazione, cioè due denti ad ogni secondo, vale a dire inoltre centoventi denti per minuto.

MORIZIO. Benissimo. Conchiudiamo dunque che, se all'arco d'una ruota di centoventi denti noi attaccassimo un ago, dopo averlo fatto passare da parte a parte un quadrante, noi avremmo un ago che farebbe un giro di quadrante per minuto. Questo ago segnerebbe i secondi.

MARIA. Noi potremmo conchiuderne pure, che sarebbe facile far progredire o ritardare questo orologio. Basterebbe perciò allungare o raccorciare il bilanciere, il pendolo.

MORIZIO. E così si opera appunto. Noi vedemmo già che la lunghezza del pendolo debb'essere presa dal punto d'appoggio fino al centro del corpo pesante che lo termina. Negli orologi a pendolo, questo corpo pesante è una lente che, assai spesso, s'avvita o si disvita a volontà.

Nei pendoli da camminetto, il bilanciere è attaccato sovente ad un filo, di cui un capo s'arruola attorno ad una bacchetta che si fa girare col mezzo d'un bottone.

ALBERTO. Noi sappiamo ora come si notano i secondi: ma l'indice dei minuti e quello delle ore hanno eglino bisogno d'un movimento particolare?

MORIZIO. Anzitutto, amico mio, badate bene ch'io non ho per iscopo di mostrarvi *come si fabbricano* i pendoli; io cerco solamente di farvi comprendere quale cagione possa condurre ad un dato effetto.

D'ordinario, non è la ruota di cui parliamo, la ruota cioè di scappamento, che serve a notar l'ora sul quadrante; ma poco importa: voi intanto sapete come il movimento d'un ago possa ingenerarsi. Ciò vi basta per tutti gli indici che possano venire immaginati per indicare i minuti, le ore, i giorni della settimana, del mese

e via. Di fatto, quando avete una ruota che fa un giro per minuto, potete farne imboccare in questa un'altra che avrà cinque volte meno di denti, vale a dire ventiquattro, e che farà per conseguenza cinque volte più di giri. Un ago attaccato all'asse di questa ruota farebbe cinque giri per minuto. Se al contrario voi supponete che all'asse della prima ruota se ne trovi fissata un'altra, la quale non abbia che ventiquattro denti, imboccando con una terza di centoventi, e quest'ultima non girando che con ventiquattro durante un corso intiero dell'altra, farebbe un giro ogni cinque minuti.

Gli orologiai hanno de' principii da cui non s'allontanano per la divisione dei denti; tuttavia i ragguagli d'esecuzione variano assaissimo. Basterà che voi ne comprendiate il generale principio.

FIGURA 12.

In molti orologi ben elaborati, la forma del bilanciere vi recherà meraviglia; avvece d'una bacchetta semplice, voi ne troverete un numero a diversi scompartimenti di metalli varii fra loro. Se voi seguite attentamente coll'occhio la direzione di queste bacchette e il punto a cui sono fissate, vedrete che la posizione loro e la loro dimensione, sono calcolate affine di neutralizzare le variazioni della lunghezza provenienti dalla varietà di temperatura. Il calore allunga le

bacchette di metallo, il freddo le raccorcia. Importa dunque congiungere insieme delle bacchette, di cui il dilatamento non sia lo stesso, e fissarle in modo che, dilatandosi nelle direzioni opposte, riconducano sempre la lente al medesimo luogo.

Avrei molte cose a dirvi oltre a ciò, se volessi entrare ne' ragguagli d'applicazioni meccaniche, le quali possono variare all'infinito; vi ritorneremo sopra a suo tempo. Frattanto, voi farete ottima cosa, ogniqualvolta una macchina qualunque a ruote vi verrà veduta, esaminarla facendo a voi medesimi le domande seguenti: D'onde parte la potenza? Qual è la forza motrice? Come si trasforma ella? Si divide? A che tende? V'hanno effetti veracemente maravigliosi, prodotti spesso da mezzi semplicissimi; noi non sapremmo studiarli troppo, quand'anche volessimo fare della meccanica l'oggetto speciale de' nostri studii.



TRATTENIMENTO VI.

Equilibrio e movimento dei liquidi. — Equilibrio e movimento dei corpi gassosi.

« La prima cosa che colpisce i vostri occhi considerando un liquido, è la sua propensione a mettersi in livello, vale a dire a formare dappertutto una superficie unita e orizzontale.

MARIA. So bene che quando tengo in mano un bicchiere, se lo faccio inclinare da una parte, il livello dell'acqua resta sempre orizzontale.

ALBERTO. L'acqua amerebbe meglio spandersi, se gli orli del bicchiere gli mancassero da una parte, che non cessare un istante d'essere nel suo livello.

MORIZIO. Voi potete, o Alberto, generalizzare questa popolare esperienza; lo stesso risultato si riprodurrà sempre nei liquidi omogenei, vale a dire della natura medesima e della medesima densità. Se i fiumi scorrono, si è perchè il livello cerca di stabilirsi continuamente verso le parti più basse del suo letto. Se le sorgenti zampillano dal seno della terra, gli è perchè esistono, nell'interno della crosta del globo, degli strati di terra di differente natura, ora permeabili all'acqua ed ora impermeabili. Secondo che questi strati sono più o meno inclinati, i primi lasciano scolar l'acqua che cerca di guadagnare le parti

più basse. Quand'ella trovasi arrestata da un ostacolo, cerca di equilibrare le sue molecole per riprendere il suo livello. A misura che giunge nuova acqua, il livello risale fino a che il liquido trova un'uscita.

ALBERTO. Accade lo stesso quando l'acqua si trova probabilmente racchiusa in tubi; perocchè ella serpeggia a piacimento sotto il lastrico delle strade, ora più alto ora più basso, purchè il serbatoio sia al di sopra di tutti questi tubi, e scola da tutte le fontane, purchè l'orificio di ciascuno sia inferiore al livello del serbatoio.

MARIA. È questa pure senza dubbio la cagione dei getti d'acqua. L'acqua del serbatoio superiore pesa sull'acqua dei tubi, e la sforza a zampillare altrettanto più alto quanto più elevato è il serbatoio medesimo.

ALBERTO. V'hanno eccezioni alla regola: perocchè si trovano sorgenti nella parte spesso più elevata delle montagne; d'altronde, si praticano in molti luoghi de' fori profondissimi nella terra e l'acqua scaturisce.

MARIA. Certo, sono questi che s'appellano *pozzi artesiani*.

MORIZIO. Le sorgenti elevate e i pozzi artesiani non fanno eccezione alla regola. Ma per comprenderne l'applicazione, non bisogna limitarsi ad esaminare un piccolo angolo di terra isolata. La collina che ci sorge rimpetto forma un mucchio di terra più elevato che la valle ove noi

siamo, più elevato che la pianura stessa la quale vedesi dall'altra parte; ma può darsi che altri piani ed altre montagne siano ancora più alte di questa collina.

ALBERTO. Tuttavia non si direbbero tali alla vista.

MORIZIO. La vostra vista è un cattivo giudice in questa materia. Soprattutto ella è limitatissima, quindi essa non può giudicare esattamente i livelli. *Due punti sono ordinariamente in livello, quando sono alla medesima distanza dal centro della terra.* I punti di eguale livello non si giudicano dunque alla semplice vista, soprattutto quando essi sono distanti; perocchè quantunque si supponga perfettamente orizzontale la linea di livello, non è meno vero ch'ella è convessa, poichè gira intorno al centro della terra; solamente, questa convessità non è sensibile a piccole distanze.

MARIA. Tali sono le linee di perpendicolo, le quali passano per parallele quantunque perfettamente non lo siano.

MORIZIO. Appunto. Ciò ben compreso, basta che voi sappiate che la scorza del globo è composta di strati più o meno spessi, ora di pietra, ora d'argilla, ora di creta, di sabbia e simili. La sabbia, per esempio, può essere benissimo attraversata dall'acqua; l'argilla è impermeabile. Voi vedete sul fianco di questa collina delle tracce sensibilissime di questi strati sovrapposti. Ecco,

per esempio, uno strato di pietra dura al basso; essa è coperta di sabbia. Più lontano, queste screpolature tutte bianche v'indicano la presenza della creta, e voi sapete che la superficie della spianata è composta d'argilla tenace e compatta. Supponiamo dunque che a dieci leghe da questo luogo, per esempio, uno strato di sabbia si trovi alla superficie del suolo al di sopra d'uno strato d'argilla, ch'esso sia inclinato in modo da trovarsi bentosto ricoperto da un nuovo strato impermeabile; esso correrà sotto la superficie fra due strati, sprofondandosi di più in più, in guisa che qui dove noi siamo esso possa trovarsi ad una profondità di due o trecento metri.

Intanto l'acqua che cade penetrando le sabbie, vi si accumula, perocchè ella non può penetrare gli strati vicini; il livello risale costantemente fino alla sorgente della vena di sabbia a dieci leghe di qui lontano. Se il livello è superiore alla parte più alta della collina, niun dubbio che, se si scava, anche in questa parte, un foro di scandaglio, da due a trecento metri, se ne trova lo strato saturo d'acqua. Il foro fatto permetterà a quest'acqua di riprendere il suo livello; ella scaturirà. Se il foro è fatto naturalmente a traverso le fessure di rocca o in altra guisa, s'ha una *sorgente*; se è fatto per la mano dell'uomo, è un *pozzo artesiano*.

MARIA. È possibile conoscere esattamente il livello?

MORIZIO. In pratica, si può riguardare come livello esattissimo quello che è dato dal filo appiombo. La linea perpendicolare a questo filo è una linea orizzontale *1. I muratori si servono ordinariamente d'un filo appiombo per livello.

I geometri impiegano d'ordinario il livello di acqua. È un tubo di latta incurvato ai due capi che sorreggono due tubi di vetro. L'acqua di cui riempiesi l'apparecchio si livella da se medesima nei due tubi; guardando secondo la linea data dalle due superficie, s'ha una linea orizzontale *2.

MARIA. Se non v'avesse vento, il mare sarebbe senza dubbio ognora in livello.

MORIZIO. Se non v'avesse vento, se non v'avesse marea, se non v'avessero alte montagne lungo

*1 Una linea è perpendicolare sur un'altra, quando forma, tagliando quest'ultima, quattro angoli eguali. Due linee in croce sono perpendicolari una all'altra: i quattro angoli al centro della croce sono eguali.

*2 Il livello a bolla d'aria è più sensibile e più comodo. È un tubo di vetro pieno d'acqua colorata. Una sola bolla d'aria è lasciata nel tubo, il quale è disteso e sostenuto sur un regolo di rame ben calibrato. Il tubo essendo leggerissimamente curvato, la bolla d'aria tende ad occupare la parte superiore del tubo verso il mezzo. Si colloca il regolo una prima volta sur una superficie bene orizzontale; si segnano i due punti ove comincia e finisce la bolla; una superficie sarà sempre orizzontale quando la bolla si troverà fra i due segni posandovi sopra il regolo.

le sue sponde, se la terra non girasse, la superficie del mare sarebbe non perfettamente orizzontale, ma perfettamente sferica. Di fatto, tutte le gocce d'acqua tendono pel loro peso verso il centro della terra; e siccome esse sono indipendenti le une dalle altre, nulla impedisce loro di cadere, fintantochè trovino un punto più basso di loro. Tutti i liquidi tendono dunque a livellarsi perchè le loro molecole sono perfettamente mobili. Ma noi vedemmo che la luna attira i corpi come la terra; noi vedemmo che l'attrazione esercitata dal sole è poco più poco meno la medesima, benchè meno sensibile; noi vedemmo che l'attrazione delle grandi masse di materia, come sono le alte montagne, fa deviare sensibilmente il filo di piombo: noi vedemmo infine, che la rotazione della terra creava una forza centrifuga, la quale diminuisce considerevolmente l'effetto della gravità nelle regioni equatoriali; così non sarebbe esatto il dire che la superficie del mare tranquillo è perfettamente sferica.

ALBERTO. Tutte queste cause non diminuiscono di troppo la sfericità del mare.

MORIZIO. Si osservarono differenze di livello notevolissime nei differenti bacini poco lontani di mari che si comunicano. La differenza di livello fra la Manca a Dunkerque e il Mediterraneo a Barcellona non è sensibile; ma la differenza fra il Mediterraneo e il mar Rosso fu trovata più di otto metri da una parte all'altra dell'istmo di

Suez. Sarebbe là la causa maggiore della difficoltà che si trova a tagliare quest'istmo per mezzo d'un canale, che renderebbe immensi servigi alla navigazione. Se questo canale è possibile, non lo è che prendendo assai lunghi circuiti per maneggiare le cadute d'acqua, di modo che le chiuse possano giocare liberamente e resistere alla spinta.

Lo stesso dicasi della differenza di livello (5 metri) che si pretende esistere fra l'oceano Atlantico e l'oceano Pacifico, da una parte all'altra dell'istmo di Panama fra le due Americhe, dove si pratica pure un canale.

Così, quantunque si riguardi la superficie dei mari *1 che comunicano come di livello, v'hanno circostanze in cui è importante cosa calcolare più esattamente. Quando si tratti d'operazioni importanti e lunghe per canali e corsi d'acqua, s'è costretti a modificare le linee orizzontali date dal livello, tenendo conto della curvatura della terra.

MARIA. Quante precauzioni per giungere ad un risultato esatto!

MORIZIO. I dotti conducono le più delicate operazioni con un talento così grande, ch'eglino schifano perfino la menoma traccia dell'errore

*1 I mari interiori isolati, i laghi e simili possono avere livelli differentissimi da quello dell'Oceano. Il mar Caspio ha il suo livello più di 100 metri al di sotto del livello del mar Rosso.

più leggero, in una operazione che abbraccia talvolta molte centinaia di leghe.

Tutto ciò ch'io v'ho detto debbe intendersi dei liquidi omogenei. I liquidi di diversa densità essendo mescolati insieme, agiscono come se isolati fossero: ciascheduno cerca il suo livello secondo l'ordine della densità. Mettete dell'olio con del mercurio, il mercurio si livellerà tosto in fondo al vaso, perchè esso è più pesante: l'olio verrà in seguito. Se voi aggiungete dell'acqua nel vaso medesimo, l'acqua prenderà il posto che al suo peso si conviene, vale a dire fra il mercurio e l'olio.

MARIA. È forse la cagione stessa che separa il latte dalla crema?

MORIZIO. Sicuramente. La crema è più leggera; ella debbe galleggiare.

Se i differenti liquidi non sono nel vaso medesimo, ma in vasi comunicanti, il risultato è diverso. Prendiamo un tubo di vetro curvo come i due bracci di una molla da fuoco. Poniamovi prima del mercurio, esso occuperà la curvatura, e si livellerà nei due bracci. Poniamo intanto dell'acqua in uno di essi, il livello sarà affatto turbato; il mercurio si solleverà più in un braccio che nell'altro, e l'acqua sorpasserà il mercurio nel braccio dove la versammo.

ALBERTO. Debbe pertanto avervi rapporto fra l'elevazione dei due liquidi.

MORIZIO. Senza fallo. V'ha prima di tutto, al

fondo, del mercurio tanto da una parte che dall'altra; poi da una parte una colonna d'acqua e dall'altra un supplemento di mercurio per fare equilibrio a questa colonna, in guisa che le due colonne sono fra loro come la densità dei liquidi, ma in senso inverso, e per conseguenza, il mercurio che è tredici volte e mezzo *più* denso dell'acqua, sarà tredici volte e mezza *meno* alto nel suo braccio.

Voi comprenderete meglio quando vi avrò parlato della pressione dei liquidi in un modo più preciso che finora non ho fatto.

La pressione in un liquido non s'esercita come nei solidi. Se io taglio un pezzo di creta della grandezza di questo bicchiere, e poi lo rimetto dentro, esso non ne premerà che il fondo: ma se io riempio questo medesimo bicchiere con acqua, il liquido premerà sulle pareti del bicchiere egualmente come sul fondo: esso premerà anche il coperchio, se ve n'avesse uno, e vi s'introducesse l'acqua per mezzo d'un tubo da un serbatoio superiore.

MARIA. L'acqua preme dunque egualmente da ogni parte?

MORIZIO. È una conseguenza della mobilità delle sue parti, che gli permette di posarsi esattamente sul vaso che la contiene.

Voi potete sentire questa pressione quando immergete la mano in un liquido molto più denso di essa, per esempio, nel mercurio. La

pressione vi si farà conoscere benissimo di basso in alto. Immergete un pezzo di sughero nell'acqua; la pressione nel medesimo senso non sarà meno sensibile. Voi la calcolerete egualmente forando una botte di vino lateralmente: il liquido scapperà con violenza, e opporrà una certa resistenza alle vostre dita quando turerete l'apertura; l'acqua che scola da un rubinetto produce l'effetto medesimo.

Se aveste un tubo terminato da una palla con piccoli fori come un inaffiatoio, e cacciate l'acqua dal tubo con un pestello, essa zampillerebbe con egual forza da ciascheduno dei piccoli fori e in tutti i sensi.

ALBERTO. Si può dunque moltiplicare la pressione all'infinito.

MORIZIO. È veramente ciò che accade, quantunque possa parervi paradossale il risultato: è ciò che condusse Pascal ad inventare il torchio idraulico, di cui eccovi un modello.

FIGURA 13.

a b g Grande recipiente dell'acqua.

c d f Stantuffo ed accessori.

g h i Valvola per mezzo di cui l'acqua del piccolo recipiente comunica la pressione.

k Corpo da comprimere collocato fra due piatteforme.

m Piattaforma attenente allo stantuffo, che può

essere cacciata da esso lungo i montanti dell'apparecchio.

l Piattaforma opponente ai corpi compressi una resistenza invincibile.

s u Base solida su cui poggia tutto il torchio.

r Peso attaccato al capo d'una leva che porta all'altro capo una valvola di sicurezza per evitare ogni accidente, lasciando uscir l'acqua per una pressione troppo forte.

o p Piccolo stantuffo attaccato ad una leva al punto *x*.

y Leva di cui il capo può prolungarsi più o meno.

v Punto d'appoggio della leva.

FIGURA 14.

Essa si compone essenzialmente di due tubi E B, di diametro ineguale, chiusi ciascheduno da uno stantuffo e figurati a parte nella figura, colla leva C A D, la quale serve a far cadere lo stantuffo. Se la superficie del grande sifone è cento volte più grande che la superficie del primo, una pressione di un chilogr. esercitata sull'acqua del piccolo tubo si centuplicherà nel grande, e il grande stantuffo si troverà sollevato con una forza di cento chilogrammi. Premete sul piccolo stantuffo con una forza di cento chilogrammi, e voi graverete il grande con una forza di diecimila. Così, un corpo il quale si trovasse fra il grande stantuffo ed un

punto resistente, sarebbe premuto da una forza enorme *1.

ALBERTO. È cosa straordinaria.

MORIZIO. Per quantunque straordinario v'appaia questo fatto, non è certo meno sicuro; il torchio idraulico s'usa tuttogiorno. Ma noi abbiamo ad esaminare una proprietà che non vi sorprenderà meno.

Prendo tre vasi, uno cilindrico come un bicchiere, l'altro largo sulla punta come un imbuto, il terzo ristretto al medesimo luogo come un pane di zucchero. Questi tre vasi hanno un fondo eguale e un'altezza simile. Egli è dunque evidente, che se il primo contiene un litro d'acqua, il secondo ne conterrà altrettanto maggiormente quanto sarà più aperto, e il terzo altrettanto meno quanto più ristretto.

*1 Importa che il torchio idraulico possa operare, che i liquidi non siano comprimibili, vale a dire non possano esistere sotto un volume più piccolo alla temperatura medesima. L'acqua è eccessivamente poco comprimibile (un ventimillesimo sotto una pressione d'un chilogramma per ogni centimetro quadrato). L'etere lo è tre volte solamente più dell'acqua: il mercurio lo è dieci volte meno. Si prova la compressibilità dell'acqua col mezzo d'un apparecchio inventato da Oersted ed è appellato piezometro. È una specie di boccetta a collo stretto, riempita in parte d'acqua e in parte d'aria; si chiude in un tubo di vetro fortissimo e pieno d'acqua. Si comprime l'acqua con uno stantuffo a vite. Le variazioni del livello nel piezometro indicano la compressione provata dall'acqua.

MARIA. Fin qui non c'è gran meraviglia.

MORIZIO. Aspettate un momento: se io riempio d'acqua questi tre vasi d'eguale altezza, l'acqua premerà egualmente sul fondo di tutti.

ALBERTO. Ecco una cosa difficile a credersi. Posso avere un vaso che, con un decimetro solamente di fondo, avrà un metro o più di dilatamento. Esso conterrà, se voglio, cento litri ed oltre.

MORIZIO. Poco importa: la pressione sarà la medesima, se l'altezza è eguale.

ALBERTO. La larghezza non serve dunque a nulla?

MORIZIO. No, in quanto alla pressione esercitata sul fondo. In generale, questa pressione in un vaso è uguale al peso d'una colonna della medesima altezza del liquido, e della medesima dimensione del fondo.

MARIA. Ciò debb'essere assai difficile a provarsi.

MORIZIO. È il risultato necessario del principio d'eguaglianza di pressione; ma il fatto può essere direttamente provato.

Avvece dei vasi di cui vi tenni discorso, prendo da una parte un largo tubo, da un'altra un vaso conico, di cui il fondo sia tolto. Il tubo ed il vaso conico hanno un'apertura eguale al fondo. Chiudo quest'apertura con un pezzo di cristallo ben coincidente perchè l'acqua non passi. Applicando questo fondo mobile al tubo, ne formo un vaso che si profonda a mezzo nell'acqua; il

fondo mobile non cadrà nel bacino dove io opero; esso sarà sostenuto dalla spinta dell'acqua, tanto che non avrà di sopra altro che aria. Se verso poco a poco dell'acqua nel vaso, quando il livello di questo vaso s'avvicinerà al livello esteriore, voi vedrete il fondo distaccarsi.

ALBERTO. Sì, perchè la pressione al di sopra sarà la stessa che la spinta al di sotto.

MORIZIO. Bene; la stessa cosa accadrà col vaso conico. Vi vorrà il medesimo livello d'acqua per distaccare il fondo mobile, e intanto la spinta è necessariamente la stessa. Ma nel vaso conico vi vuole certo maggior acqua per ottenere lo stesso livello.

ALBERTO. Avete ragione; ciò fa meraviglia.

MORIZIO. Invece d'impiegare acqua per distaccare il fondo mobile, impiegate grani di piombo, e ne vorranno tanti con un vaso che con un altro, ed il peso del piombo sarà eguale al peso della colonna d'acqua del vaso cilindrico. La meraviglia che questo fatto produce su tutti come su voi medesimi, fece dargli il nome di *paradosso idrostatico*.

ALBERTO. Se la pressione dipende dall'altezza solamente o dalla superficie del fondo, si può esercitare sur un vaso una pressione enorme con un piccolo filo d'acqua.

MORIZIO. Di fatto, un piccolo tubo d'una diecina di metri d'altezza, posto in comunicazione con un tino ordinario, basterà per far rompere il

tino. Voi conoscete meglio il fatto contrario: per ritenere una massa enorme d'acqua, basta una diga leggera, se l'acqua non ha molta profondità; la solidità della diga debbe aumentare in ragione della profondità dell'acqua.

Voi non parete ancora ben convinta, Maria; voglio farvi toccare col dito ciò che vi ho spiegato.

Pongo questo bicchiere pieno fino a metà sul guscio d'una bilancia: stabilisco l'equilibrio con pesi. Che accadrà egli se voi mettete il dito nell'acqua, anche senza toccare il bicchiere?

MARIA. Il guscio s'abbassa; non v'ha più equilibrio.

MORIZIO. Certo; ma non sarebb'egli perchè il livello sale e comprime di più il fondo della bilancia?

ALBERTO. Tutto ciò, riflettendovi bene, pare verissimo; ma conviene famigliarizzarsi con queste idee.

MORIZIO. I pochi esempi citativi basteranno a darvi un'idea dell'importanza pratica di consimili fatti. L'effetto della pressione, per esempio, sur una nave, è in sommo grado importante a calcolarsi, poichè una nave debbe offerire una resistenza altrettanto più forte alle onde, quanta più acqua essa tira. La forza delle chiuse, la resistenza delle dighe, la solidità dei condotti debb'essere sempre calcolata con cognizione di causa, altrimenti si sarebbe esposti a moltissimi sbagli.

Quando voi v'immergete nell'acqua nuotando, siete carico di un peso enorme; tuttavia non v'accorgete di nulla. I liquidi del vostro interno fanno contrappeso all'acqua che vi preme. Ma se voi poteste immergervi nell'acqua fissando, sur una parte qualunque del vostro corpo, una calotta o campana che comunicasse coll'aria esterna per mezzo d'un tubo, di gomma elastica per esempio, si produrrebbe al posto di questa campana un tumore altrettanto più grande, quanto più sarete andato al fondo.

ALBERTO. Vale a dire, che il mio sangue, per esempio, il quale si troverebbe premuto da tutte le parti da un'enorme massa d'acqua, non trovando pressione sotto la calotta, affluirebbe da questa parte. Ecco una ventosa di nuova specie.

MORIZIO. Quando i marinai prendono un pesce ad una profondità grande, non è cosa rara vedere gli intestini di esso pesce uscire per la gola; perocchè l'aria della sua vescica natatoria, fortemente compressa sotto l'acqua, si dilata violentemente al contatto dell'aria esterna, e scaccia davanti a sè tuttociò che incontra.

Conchiudo ciò che mi resta a dirvi della pressione con una esperienza curiosa. Faccio con una tavola una specie di zatta, su cui colloco un piccolo barile pieno d'acqua. Finoachè l'acqua resta chiusa nel barile, non viene a manifestarsi alcun movimento; ma se io pratico un foro nel mio barile pel di dietro, l'acqua scolerà con

forza e la zatta procederà in senso contrario. Avrei potuto collocare egualmente bene il mio barile sur un carro.

MARIA. Qual è dunque la causa di questo movimento?

MORIZIO. L'ineguaglianza di pressione. Non vi ha movimento alcuno intanto che la pressione s'esercita in tutti i sensi; ma quando io apro il robinetto, la pressione manca sulla parte aperta mentre ella rimane la medesima sulla faccia opposta. Questa faccia è dunque spinta più gagliardamente; ella debbe dunque far progredire la zatta se la forma di essa non offre una resistenza troppo grande.

Ma basta in quanto all'occuparci dei fenomeni della pressione, e voi tuttavia ne comprendete assai bene. Importa concedere altresì qualche momento, poichè vi ci siamo in natural modo condotti allo esame delle condizioni d'equilibrio nei corpi galeggianti.

Gierone, tiranno di Siracusa, avea fatta costruire una corona d'oro, di cui egli avea somministrato il metallo. L'artefice gli avea restituito peso per peso; tuttavolta Gierone fu tratto a credere, ch'esso avea mescolata all'oro una certa quantità d'argento. Archimede fu incaricato di svelare la frode senza distruggere la corona. Ai dì nostri, l'analisi chimica offre facilissimi e semplicissimi mezzi per giungere a questo scopo. La docimasia è spinta all'ultimo grado di perfezione.

Ma ciò non accadeva nei tempi d'Archimede. Questo saggio uomo cercò instancabilmente, cercò giorno e notte, e la sua applicazione ebbe il più felice successo. Egli fu nell'immergersi in un bagno, che Archimede scoperse la soluzione del suo problema: tanto è vero che le azioni più indifferenti in apparenza possono condurre alle più magnifiche scoperte l'uomo che vi studia sopra.

Archimede notò dunque che il peso del suo corpo pareva diminuirsi a misura ch'egli s'immergeva nell'acqua: egli indovinò tosto che questa diminuzione di peso doveva essere eguale al peso dell'acqua spostata, e ne conchiuse che la differenza del peso doveva accusare fedelmente il rapporto del peso al volume del corpo in questione. Egli fu sopraffatto da tanta gioia che, senza darsi pensiero del disordine in cui trovavasi, traversò tutta la città per recarsi a casa sua gridando: *L'ho trovato! l'ho trovato!*

MARIA. Io confesso, che quantunque per me si fossero fatte le considerazioni medesime che Archimede, avrei penato moltissimo di scoprire con questi semplici dati, se la corona di Gierone fosse o no di puro oro.

MORIZIO. Voi vedrete subito la conseguenza. L'oro, sotto un volume stesso, pesa più dell'argento. Gli è un fatto che tutto il mondo conosce, e di cui possiamo agevolmente assicurarci. Un gioiello d'oro mescolato ad argento, peserà

meno che s'egli avesse il volume medesimo e fosse d'oropuro. Bene! immergete una verga d'oro puro in un vaso d'acqua: la sua immersione eleverà l'acqua nel vaso, e la verga perderà una parte del suo peso, dieci grammi per esempio. Immergete quindi dopo questo primo esperimento la corona ad esaminarsi: s'ella innalza l'acqua quattro volte tanto, gli è perchè il suo volume sarà quattro volte maggiore: epperò dovrà perdere quaranta grammi del suo peso, e il peso che resta dovrà essere quattro volte maggiore al peso residuo d'una verga d'oro di cui la purezza è conosciuta. Niun dubbio pertanto, che se il peso è minore, gli è perchè s'avrà mescolato all'oro un metallo che pesa meno sotto un volume eguale.

ALBERTO. Prendendo una verga d'argento, è facile ripetere la stessa esperienza, e si troverà facilmente in quale proporzione l'argento fu mescolato all'oro, giusta il rapporto dei pesi.

MORIZIO. Sicuramente: ma è inutile che noi ci intratteniamo più a lungo su questo fatto. Si ritenga solamente il principio d'Archimede, il quale così si enunzia: *Un corpo immerso in un fluido vi perde una parte del suo peso eguale al peso del fluido ch'egli sposta.*

È facile cosa verificare questa legge col mezzo della *bilancia idrostatica*. Questa bilancia non differisce dalle altre, se non perchè il di sotto del bacino è armato d'un uncino a cui si sospendono i corpi che voglionsi pesare nell'acqua.

Dietro la legge voi non avrete alcuna difficoltà a indovinare se una palla di piombo e una biglia di avorio che si fanno equilibrio nell'aria, avranno pure il medesimo peso se si pesino entro l'acqua.

MARIA. Io lo indovino. Ad eguale volume, lo avorio pesa meno che il piombo: se dunque le due palle hanno il medesimo peso, gli è perchè la palla di piombo è più piccola. In questo caso ella sposterà meno acqua; ella peserà dunque nell'acqua più che la biglia d'avorio.

ALBERTO. Se ciò è vero, farebbe duopo pesare nel vuoto tutto ciò di cui si vuole avere il peso; perocchè quanto voi dite per l'acqua debbe avere parimente luogo nell'aria.

MORIZIO. Sì bene: ma la differenza è infinitamente meno sensibile: così ella si può quasi sempre trascurare. Ne' casi in cui abbisogna una precisione estrema, non s'opera già nel vuoto, ma si corregge il peso dato dietro a regole, le quali non sono che l'applicazione del principio della *spinta verticale*.

Nei casi d'equilibrio d'un corpo galleggiante, l'azione della spinta verticale passa necessariamente pel centro di gravità del corpo; perocchè ella distrugge l'azione del peso su questo corpo. È come una forza tutt'altra la quale tiene i corpi in equilibrio.

MARIA. Ciò che voi chiamate *spinta verticale* è dunque la forza che respinge fuori dell'acqua i corpi più leggeri che vi si immergono.

MORIZIO. Precisamente.

ALBERTO. È ella questa spinta verticale che sostiene i pesci più o meno profondamente nell'acqua?

MORIZIO. L'avete indovinato. La maggior parte dei pesci che voi conoscete hanno una vescica piena d'un gaz che li tiene in equilibrio. Alcuni muscoli per ciò appunto disposti comprimono la vescica, e le danno più o meno di volume; il pesce sposta maggiore o minor acqua, e s'immerge per conseguenza a maggiore o minore profondità; le pinne fanno il resto presentando all'acqua una certa resistenza. L'uomo pesa un po' meno d'un eguale volume d'acqua; tuttavia l'uomo che s'annega inghiottisce una quantità d'acqua che tiene luogo dei gaz infinitamente più leggeri, e resta al fondo. Quindi, quand'egli incomincia a decomporsi, la putrefazione sviluppa de' gaz che tendono la pelle ed accrescono il volume del corpo senza aumentare il suo peso. Il corpo ritorna sull'acqua.

S'usa sovente il principio della spinta verticale per salvare dalle onde del mare de' corpi che vi si precipitano, de' cannoni per esempio. S'eglino sono a scoperto nella marea bassa, è sufficiente affiggere ad essi una certa quantità di dogli vuoti, i quali li costringono a galleggiare. S'eglino sono sempre coperti d'acqua, si pongono dogli nelle scialuppe disposte a questo fine, poi si riempono questi dogli dopo avere fisse

delle corde al cannone da una parte, e dall'altra a verricelli che s'attengono alle scialuppe. Quando i verricelli hanno ben teso le corde, si vuota l'acqua de' dogli, e le scialuppe, poichè hanno perduto il proprio carico, s'elevano, elevando altresì il cannone. Voi comprendete che altre scialuppe riprendendo il lavoro a questo punto, faranno salire d'un grado il cannone; poi ripiglieranno le prime, e via via finchè il cannone sia elevato sufficientemente.

Le condizioni d'equilibrio dei corpi galleggianti formano un ramo di cognizioni importantissime per la marineria. L'equilibrio può essere *stabile*, *instabile* o *indifferente*. Una sfera offre un esempio d'equilibrio indifferente: un uovo vuoto che si farà galleggiare sui fianchi offrirà un equilibrio stabile, il quale diverrebbe instabilissimo, se si giungesse a farlo galleggiare sur uno dei capi. L'equilibrio è altrettanto più stabile in quanto che il centro di gravità del corpo galleggiante trovasi più al di sotto del centro di gravità del fluido spostato. Quando ciò non si possa ottenere, importa che a ciascheduna inclinazione del corpo galleggiante, la spinta ed il peso agiscano simultaneamente in modo da ricondurlo alla sua posizione normale. È una virtù il saper disporre convenientemente le merci sulla nave.

MARIA. Gli è perciò senza dubbio, che s'imbarcano spesso sur un naviglio pietre e sabbia in quantità considerevole.

ALBERTO. È ciò che dicesi allestire un naviglio. L'allestimento debbe avere per iscopo di dare maggiore stabilità all'equilibrio; perocchè, allestendo il fondo di un bastimento, il suo centro di gravità si fa più basso; e siccome s'immerge altrettanto maggiormente, il centro di gravità dell'acqua spostata risale.

FIGURA 15.

MORIZIO. Ecco un piccolo strumento che si fa galleggiare sui liquidi per giudicare la loro densità: è l'areometro. Voi sapete già che, più un liquido è denso, meno dovrà immergersi l'areometro. Così voi vedete che il suo collo è graduato in modo, da poter leggere facilmente a qual punto preciso giunge il livello *1.

Le condizioni d'equilibrio dei liquidi non formano che una piccola parte delle nozioni che

*1 Usasi principalmente nel commercio l'areometro di Beaumé. Quello che serve a pesare i liquori è così graduato: una soluzione di 10 parti di sale e di 90 d'acqua dà il grado 0 al punto di conguaglianza del liquido. L'acqua pura dà il grado 10°; si divide l'intervallo in 10° gradi, e si continua al di sopra la divisione in tutta la lunghezza del collo. L'acquavite segna ordinariamente 18°. L'alcool a 40° gradi contiene solamente 5 per 0/0 d'acqua.

Il pesa-acido o pesa-sali di Beaumé, si pone subito nell'acqua pura, e s'allestisce in modo da immergere pressochè tutto il collo; ecco lo 0. Si pone in seguito in una soluzione di 15 parti di sale su 85 parti d'acqua, ecco il grado 15°. Il collo s'eleva più oltre, ed il punto di con-

voi dovete avere su questi corpi. I fenomeni che risultano dal loro movimento sono più variati, più importanti, ma nello stesso tempo più difficili a constatarsi. Io raddoppio la mia sollecitudine per non dirvi qui ciò che non sia a vostra portata.

Pratichiamo un'apertura nel fianco di questa botte: il liquido scolerà con una forza altrettanto maggiore quanto più elevato è il livello.

MARIA. Noi ciò lo sappiamo. Più acqua v'è nella fontana della cucina, più ella esce presto dal robinetto.

ALBERTO. Ciò non è difficile a constatarsi: ma quello che mi pare racchiudere qualche difficoltà, si è la misura di questa velocità medesima.

MORIZIO. È Torricelli il primo il quale ha conosciuto che *questa velocità è eguale a quella di un corpo, il quale sarebbe caduto dall'altezza del*

guaglianza è il 15° grado. Si fa la divisione come nel pesa-liquori.

Queste divisioni sono arbitrarie, benchè somiglianti e paragonabili fra di loro. Gli è per ovviare a questo difetto che Gay-Lussac inventò il suo alcoometro, di cui il collo indica la quantità reale di alcool anidro contenuto in un liquore. Un'acquavite che segnerà 45° all'alcoometro di Gay-Lussac, conterrà 45 parti d'alcool e 55 d'acqua.

L'areometro di Nicholson differisce dagli altri in ciò, che il punto di conguaglianza è sempre lo stesso. Si produce questa conguaglianza con un maggiore o minor numero di pesi che fanno parte dell'apparecchio. Il sistema è differente, ma il principio è il medesimo.

livello. La prova è facile : adattate al foro che noi praticammo in questa botte un tubo ricurvo verso l'altro ; il liquido salirà all'altezza del livello *1.

ALBERTO. Conoscendo la velocità di scolo e l'apertura, si può con tutta agevolezza senza dubbio conoscere la quantità del liquido scolato: perocchè può supporre come solido il filo ch' esce dalla botte, e dire: se l'apertura è d'un centimetro, e vi escono dieci metri di liquido per secondo, avuto riguardo all'altezza del livello, siccome dieci metri fanno mille centimetri, così dovranno cadere mille centimetri cubi, o un litro per secondo. Questa botte che contiene duecentoquaranta litri, sarà vuota in quattro minuti.

MORIZIO. I fatti non sono così semplici. Importa supporre prima il livello sempre lo stesso, ciò che non accade nell'esempio della botte *2. Bisogna supporre inoltre che l'acqua la quale si scola da un orifizio, formi un cilindro perfetto, ciò che non è vero. Il filo si restringe regolarmente ad una piccola distanza dall'orifizio. Questo fenomeno, assai conosciuto sotto il nome di *con-*

*1 La velocità d'una molecola slanciata verticalmente ad una certa altezza è eguale alla velocità ch'ella acquisterebbe ricadendo. Noi lo vedemmo quando ci occupammo del pendolo. Se dunque il livello è a cinque metri al di sopra dell'apertura, la velocità sarà di dieci metri per secondo.

*2 Si tiene un livello costante per mezzo del *tropico pieno* o del galleggiante di Prony.

trazione della vena fluida, influisce notabilmente sul consumo dell'acqua e la riduce circa d'un terzo. Ciò non s'osserva se non quando l'orifizio ha una certa grandezza, e solamente quando è forato in *sottile parete*, vale a dire in una piastra poco spessa.

Con tubi d'aggiunta la spesa reale dell'acqua s'aumenta di circa un terzo. Così, quando la teoria indica uno scolamento di ventisette litri, lo scolamento reale non è che di diciotto litri in sottili pareti; con un tubo d'aggiunta sarà di ventiquattro litri. È anche facile ottenere il risultato teorico di ventisette litri, dando al tubo d'aggiunta la forma esatta del filo contratto *1.

MARIA. Qual è la causa della contrazione della vena fluida?

MORIZIO. La differenza di velocità e di direzione impressa alle molecole che sortono dall'orifizio. È questa causa medesima che, dopo la contrazione, disperde il fascio in gocciollette che si sparpagliano lunge, allorchè la caduta è considerevole.

MARIA. Di fatto, quando l'acqua cade liberamente da una cascata, le gocce non si dividono.

*1 Lo scolamento si misura dai fontanieri a *pollice d'acqua*. Un orifizio d'un pollice d'acqua è un orifizio tale, che colla pressione esercitata dal liquido, scolano 14 pinte (13 litri $\frac{1}{3}$) ogni minuto.

Il mezzo *pollice d'acqua* è il quarto di questa quantità. La *linea d'acqua* è la 144^a parte.

ALBERTO. Lo stesso accade talvolta alle botti dei portatori d'acqua. Io ho veduto l'acqua scolare in un cilindro perfetto dai loro robinetti, e ciò sur una lunghezza di oltre un metro.

MORIZIO. Ciò prova quanto io poco fa vi diceva: che col mezzo d'un tubo d'aggiunta conveniente, s'evita la contrazione della vena, e per conseguenza si neutralizza la divergenza delle molecole.

Il principio di Torricelli serve ancora di base alla teoria dei getti d'acqua. Gli è perchè la molecola caduta tende a risalire alla medesima altezza, che voi vedete l'acqua slanciarsi a più o meno considerevoli altezze, secondo l'altezza de' serbatoi *1. La direzione e la forma dell'orifizio influiscono sull'altezza del getto d'acqua d'un modo notevolissimo. Così un getto, di cui l'orifizio è a parete sottile, s'eleva più alto che un altro, di cui l'orifizio è un tubo.

MARIA. Pare tuttavia che un tubo posto là dove il getto comincia debba meglio dirigere l'acqua.

MORIZIO. Voi non sarete più di questo avviso, quando avrete osservato che i fenomeni da noi studiati per l'attrito dei corpi solidi si riproducono

*1 Nella pratica, l'acqua d'un getto non s'eleva mai così alta quanto il serbatoio. Mariotte trovò essere necessario un livello a 133 piedi per un getto di 100. La resistenza dell'aria, la caduta delle gocce dopo la loro ascensione, sono le principali cause che diminuiscono la forza del getto.

nello scolamento dei liquidi. Più l'attrito è considerevole relativamente alla massa che scola, più la velocità diminuisce. Voi conchiuderete dunque che la natura del liquido e la materia del tubo debbono influire su questa velocità, soprattutto in tubi piccolissimi *1; e che v'ha un punto in cui, sotto una data pressione, il liquido non debbe più scolare.

La pressione esercitata sul liquido che scola debbe dunque essere altrettanto maggiore quanto più lungo e stretto è il tubo. L'applicazione di questi principii è di una importanza estrema per la distribuzione regolare delle acque nelle grandi città.

Lo scolamento nei fiumi e nei canali è dovuto al pendio del terreno e alla pressione delle colonne superiori *2. Queste due cause spiegano facilmente la maggiore rapidità delle correnti ai punti in cui il letto d'un fiume si restringe; perocchè allora il gravitar della massa è maggiore.

MARIA. Il pendio del terreno non cambia quando il fiume ingrossa; e intanto la corrente diviene più rapida.

ALBERTO. Il letto del fiume è più pieno....

*1 L'attrazione molecolare rende più difficile lo scolamento nei tubi. L'acqua calda scola più facilmente che l'acqua fredda, e l'acqua fredda più facilmente che il mercurio.

*2 Nelle correnti artificiali, o quando si arginano i fiumi per formarvi delle cadute, si dà un pendio di mezza linea per tesa corrente: essa potrà essere anche minore.

MARIA. Sì, ma è più pieno in tutta la sua lunghezza quando le acque sono alte da un certo tempo: v'ha compensazione.

MORIZIO. Ciò non è esatto. Il livello medio del mare è sempre il medesimo; la differenza è dunque più notevole ogni qual volta v'ha nel fiume un'elevazione maggiore.

La velocità della corrente non è mai la stessa sui differenti punti del letto d'un fiume. Essa è maggiore nel mezzo che nelle due rive, è maggiore altresì alla superficie che ad una certa profondità. Voi potete accertarvene attaccando con un filo due palle di cui una galleggerà. Questa è sempre più innanzi dell'altra.

Pitot ha somministrato un mezzo semplicissimo di misurare la velocità dei corsi d'acqua. Esso consiste in un tubo leggermente ricurvo, di cui s'immerge la curvatura nell'acqua alla profondità dove si vuole misurare la velocità della corrente. La velocità fa salire l'acqua nel tubo ad una maggiore o minore altezza del livello esterno. Si calcola così la velocità necessaria per far salire l'acqua a questo punto secondo il principio di Torricelli.

MARIA. È cosa molto utile il conoscere la velocità o la forza d'una corrente.

MORIZIO. Le applicazioni non mancano.

ALBERTO. Quando non si vorrebbe che i molini ed altre consimili fabbriche non si movessero per le cadute d'acqua...

MORIZIO. Appunto, la velocità dell'acqua fa talvolta da se sola muovere le ruote, quelle per esempio che sono collocate orizzontalmente nell'acqua corrente. Le pale di queste ruote sono concave da una parte e convesse dall'altra. Ora, è cosa facile il vedere che se una ruota, la quale gira orizzontalmente nell'acqua, presenta la concavità delle pale dalla parte sinistra, ella presenterà dalla diritta la parte convessa, su cui la corrente non avrà quasi azione.

Più spesso la velocità dell'acqua non agisce sola. Così si conosce sotto il nome di *turbini* un sistema di ruote orizzontali racchiuse in un bacino. Si dirige una corrente d'acqua alla circonferenza della ruota a piccole pale. La forza centrifuga che si sviluppa pel movimento aiuta la corrente a produrre un effetto maggiore.

MARIA. Io non conosco nulla questa sorta di ruote; ma ve n'ha di quelle ch'io trovo impiegate dappertutto. Sono ruote diritte, contro la parte bassa delle quali l'acqua viene a percuotere quando si leva una specie di porta o di chiusa che dicesi catteratta.

MORIZIO. Sono le ruote di fianco. La forza motrice risulta non solo dall'urto o dalla velocità della corrente, ma eziandio dal peso dell'acqua che s'immette fra le pale e che non può uscirne prima che la ruota non abbia descritta una porzione più o meno grande del suo giro. Questa forza è molto importante: spesso anche ella agi-

sce sola. Quando faccia duopo di motore sur un filo d'acqua, assai poco importante perchè le ruote di fianco siano impiegate con successo, e quando questo filo d'acqua ha una caduta considerevole (quattro metri per esempio), si fa venire l'acqua nel di sopra della ruota, la quale ha de' cassettini in vece delle pale o ale. L'acqua cadendo riempie i cassettini di tutta una parte della ruota, e pesa su questa parte medesima. I cassettini si vuotano da se stessi risalendo.

ALBERTO. Io ho gettato una pietra piatta alla superficie dello stagno: ella non è ita a fondo; ma facendo molti rimbalzi, è giunta ben presto all'altra parte.

MARIA. Questo è un giochetto da ragazzi, non già un fenomeno di fisica.

MOMZIO. Tutto al rovescio: egli è un fenomeno ben notevole della resistenza che l'acqua oppone ad una certa forza. Le palle a cannone, lanciate alla superficie del mare producono rimbalzi, di cui si studia con grande cura la potenza per tirarne partito contro i nemici *1. Anche quando il corpo solido s'immerge nell'acqua, non continua esattamente la linea ch'esso percorre nell'aria: ma a poco a poco devia, è respinto, o, come dicono i fisici, *rifratto*. I fenomeni della rifrazione sono complicatissimi; ma

*1 Una palla di 6 linee di diametro, secondo Mollet, slanciata sotto un angolo di 4 a 5 gradi, fa rimbalzo sull'acqua.

siccome essi producono gli effetti medesimi che i fenomeni di rifrazione dei raggi luminosi, noi ce ne occuperemo quando ci occorrerà di parlare della luce.

La resistenza opposta dai liquidi ai solidi che li penetrano, costringe colui che vuole uccidere un pesce d'un colpo di fucile, a dirigere la canna più basso che non si convenga tirando nell'aria. Questa resistenza medesima obbliga a terminare in punta la parte anteriore dei vascelli che fendono l'acqua. Essa permette di dirigere il movimento delle barche, sia col mezzo de' remi, sia col mezzo del timone, sia col mezzo delle pale, come nelle ruote dei batelli a vapore.

Io non voglio conchiudere ciò che concerne ai liquidi senza dirvi qualche parola dei *fenomeni capillari*.

ALBERTO. Sono eglino fenomeni che hanno rapporto coi capelli, siccome il titolo indicherebbe?

MORIZIO. Non già ai capelli, ma ai tubi di cui il diametro è in qualche modo paragonabile a quello d'un capello. Lo studio di questi fenomeni fu approfondito in questi ultimi tempi. Si potè constatare che, lunge d'essere un'eccezione alle leggi osservate fin qui, era al contrario un'applicazione perfetta d'una legge generale: l'*attrazione molecolare*.

Se voi osservate con diligenza questo bic-

chiere semipieno d'acqua, vedrete che il liquido si eleva alcun poco sulle pareti. La stessa cosa accade sulle due facce d'una lama di vetro che voi immergete nell'acqua: e se vi servite per questo esperimento di due lame riunite per un capo in modo, da formare un angolo più o meno aperto, l'acqua si eleverà più oltre nei punti in cui le due lame saranno più vicine. Il massimo d'elevamento avrà luogo in un piccolissimo tubo *1, e questo massimo sarà altrettanto più elevato quanto più piccolo sarà il diametro del tubo.

MARIA. Ciò che accade nei piccoli tubi è forse la stessa cosa che accade nei corpi porosi: così quando io pongo un pezzo di zucchero in una tazza in cui v'hanno solamente alcune gocce di caffè, lo zucchero assorbe il caffè che sale tosto fino all'altezza del pezzo. L'olio s'eleva pure nel lucignolo di una lampada e l'acqua in una spugna.

MORIZIO. Questi sono effettivamente fenomeni di capillarità. Del resto, questi fenomeni occupano un grande luogo nella fisiologia vegetale ed animale: gli è colla capillarità che si spiega principalmente il movimento del sugo che s'alza

*1 In un tubo di 1 mill. di diametro, l'acqua fredda si eleva a 30 mill. al di sopra del livello; l'acqua calda s'eleva un po' meno, l'acqua ammoniacale più oltre. Tutti gli altri liquidi s'elevano meno; l'acido azotico (nitrico) s'eleva a 22; l'alcool a 12 millimetri.

dalle radici delle piante. Essa è la causa principale del movimento ascensionale dei liquidi nell'animale economia.

ALBERTO. Voi ci parlaste dell'acqua che, collocata in un bicchiere, s'eleva più alle pareti che nel mezzo. Io ho notato che ciò non accade nel mercurio: esso s'eleva più nel mezzo che al margine.

MORIZIO. È una prova che l'attrazione molecolare è la precipua causa dei fenomeni capillari. Di fatto, quando l'attrazione molecolare del liquido è più influente che quella del vaso, il vaso non ne resta molle *1; invece d'elevazione, si osserva una depressione, perocchè le molecole sono più fortemente attratte dalla massa liquida che dalla sostanza del vaso. Ciò che voi notaste col mercurio, il quale non bagna un tubo di vetro, lo vedreste anche nell'acqua, se aveste cura di ingrassare il tubo interiormente.

*1 Provasi matematicamente che la superficie liquida è piana, concava o convessa, secondo che l'attrazione del solido pel liquido è uguale alla metà dell'attrazione del liquido per se stesso, o superiore, o da ultimo inferiore a questa metà. Nell'ultimo caso, il liquido non può bagnare il solido. E così che l'acqua, la quale bagna sì bene il legno, il vetro e simili, bagna appena la maiolica: essa non la bagna più affatto, se si aggiunge dell'alcool. Così, ponete un leggero strato d'acqua in un piatto, e fatevi passare del vapore d'alcool: l'acqua si riunirà in globuletti. Il mercurio che è depresso in un tubo di vetro, non lo è più in un tubo d'acciaio.

Sapete per esperienza che l'acqua non bagna i corpi grassi *1.

L'insieme dei fenomeni capillari forma una delle parti più complicate della fisica. Così i fisici commisero, cercando di spiegarli, errori stranissimi. Fino a Poisson, la teoria dell'azione capillare fu malissimamente spiegata. Noi non entreremo ne' particolari di questa teoria: basta che voi abbiate un'idea della causa che incurva la superficie dei liquidi nei vasi, e di quella che la deprime o la eleva nei tubi. Ora, voi sapete in generale che le molecole liquide sono sollecitate da tre forze: 1° l'azione della gravità; 2° l'attrazione molecolare del vaso; 3° l'attrazione della massa del liquido. Le molecole così sollecitate debbono prender una direzione media, che varia secondo che ciascuna di queste cause influisce più o meno potentemente. La differenza di livello è essenzialmente legata alla forma della curvatura. Se questa forma è convessa ed indica una specie di depressione, le cose stanno come se vi avesse nel tubo un eccesso di pressione della colonna d'aria. Se questa forma è

*1 La depressione del mercurio è importante ad osservarsi, precipuamente nel barometro:

Ella è di 10 mill. in un tubo di 1 mill.

4,47	2
3,05	3
2,18	4
1,73	5
0,13	10

concava e nota una specie di succhiamento, le cose stanno come se la pressione atmosferica fosse minore.

Ho bisogno che mi prestiate ancora qualche momento d'attenzione, perchè io possa farvi fare ai gaz l'applicazione delle medesime leggi che noi studiammo successivamente nei solidi.

MARIA. I gaz debbono avere molta analogia coi liquidi per la loro maniera di condursi.

ALBERTO. Io non so se sarebbe altrettanto facile studiare la pressione, l'equilibrio e il movimento dei gaz, quanto le proprietà somiglianti nei liquidi e nei solidi.

MORIZIO. Tutto è facile egualmente, se noi ci limitiamo alle questioni pratiche, le quali offrono anche in questa parte un vivo interesse. Ci occuperemo principalmente dell'aria: la maggior parte delle proprietà fisiche degli altri gaz sono assolutamente le stesse.

Che l'aria sia pesante, voi non ne dubitate senza dubbio; io debbo tuttavia richiamarvi alcune sperienze che lo provano. Facciamo il vuoto in un cilindro col mezzo della *macchina pneumatica*, di cui parlammo prima d'ora e che studieremo tantosto, dopo aver turato esattamente uno dei capi con una vescica o con un pezzo di vetro. La vescica si addentrerà e creperà subitamente con fracasso; il vetro si romperà in mille briccioli: perocchè l'aria essendo soppressa nel cilindro, irrompe con tutto

il suo peso sulle pareti e sul corpo interposto. Quest'ultimo che si trova più debole debbe necessariamente cedere. Se voi chiudete bene colla palma della mano l'orifizio del cilindro, sentirete un peso enorme a misura che farete il vuoto.

La pressione dell'aria è in tutti sensi la medesima. I fisici si servono per farne prova di due calotte scavate di rame, conosciute sotto il nome di emisferii di Magdeborgo. Si riuniscono pei loro orli le due calotte che formano allora un globo, e si fa il vuoto nell'interno col mezzo d'un robinetto collocato in una delle calotte. Tutte e due restano unite, e fa duopo per distaccarle che, dopo aver sospeso il globo per una delle calotte, si attacchi all'altra un peso equivalente al peso calcolato d'una colonna d'aria, che avrebbe il gran cerchio del globo per base e l'atmosfera per altezza. Ma se voi volete convincervi della eguaglianza di pressione con uno sperimento assai più semplice, non avete che a fissare una vescica al capo d'un tubo, e collocare su questa vescica un corpo qualunque. Soffiando nel tubo e dirigendo il soffio in tutti i sensi, il corpo andrà rotto. La pressione ha dunque luogo in tutti i sensi

La più semplice e la più convincente prova della pressione dell'aria fu presentata da Torricelli.

ALBERTO. È l'esperienza del barometro.

MORIZIO. L'avete indovinato.

MARIA. Noi conosciamo benissimo il barometro. È un quadrante su cui si vede scritto: *variabile, bel tempo, pioggia, vento* e simili.

Un ago che corre sul quadrante indica precisamente lo stato dell'atmosfera.

FIGURA 16.

MORIZIO. Voi conoscete del barometro ciò che è affatto estraneo a questo strumento, il quadrante. È il meccanismo che importa conoscere.

ALBERTO. V'ha, lo so bene, un'altra specie di barometro, la quale consiste in un tubo di vetro in cui trovasi del mercurio.

MORIZIO. Il barometro a quadrante nasconde un tubo poco più poco meno consimile; gli è ciò che costituisce essenzialmente lo strumento. Veggasi il tubo A R, il quale ha un'estremità ricurva ed aperta nella direzione di P. Una parte del tubo è nascosta dietro al quadrante; il resto è ordinariamente celato da ornamenti di varia specie.

Prendete un tubo di vetro di 80 centimetri di lunghezza, chiuso dall'un capo; riempitelo di mercurio, e riversatelo in tal modo, che il capo aperto s'immerga in un bagno di mercurio, e l'altro resti nell'aria: ecco un barometro.

Il bagno di mercurio può essere sostituito da un recipiente d'una forma qualunque che faccia parte del tubo, purchè egli sia disposto in guisa da non permettere al mercurio di fuggire. Un angolo R fatto al tubo ne tiene luogo.



L'aria debbe pesare sul bagno di mercurio, perocchè il piccolo braccio è aperto: il mercurio del gran braccio debbe fare equilibrio a questa pressione s'ella esiste.

ALBERTO. Sarebbe il caso di due liquidi di densità diversa.

MORIZIO. È un fatto del tutto consimile. Esaminando l'altezza del mercurio nel lungo braccio, voi la troverete di 0^m76 circa al di sopra del livello del piccolo braccio. Potete conchiudere arditamente, che il peso d'una colonna d'aria del medesimo diametro è dell'altezza della nostra atmosfera è uguale al peso di questa quantità di mercurio.

MARIA. Per questa volta la verificazione è difficile.

MORIZIO. Voi lo credete?... Ebbene: se salendo all'altezza di questa montagna io m'innalzo di 600 metri, la colonna d'aria sarà di 600 metri meno alta, ella sarà quindi meno pesante, se l'aria ha peso. Ora, la colonna barometrica rivela questa differenza di peso: essa si mantiene più piccola a misura che s'alza nell'atmosfera.

ALBERTO. Non basta che questo fenomeno abbia luogo come voi dite: importa inoltre che sia provato non esservi altra causa.

MORIZIO. V'ha poche conseguenze meglio dimostrate di questa. Non è solo col mercurio che si possa fare questo esperimento: si fa per egual modo con tutti i liquidi. Esso fu ripetuto col-

l'acqua, e il risultato venne sempre il medesimo. Il peso della colonna liquida bilanciava ognora la pressione dell'aria. Noi vedremo bentosto che il meccanismo delle trombe è fondato su questo principio. Ma finiamo ciò che concerne ai barometri.

Il punto importante, quando si voglia avere un barometro, è di bene calcolare l'altezza della colonna di mercurio, affine di conchiuderne la pressione atmosferica. S'immaginarono molti spedienti per giungervi. Si costruirono, per esempio, bacini amplissimi, affinchè la maggiore o minore elevazione nel tubo non facesse variare sensibilmente il livello. Possono aversi in questo caso divisioni fisse sul montante che sostiene il tubo. In altri casi, non si allargò il bacino, ma si fece una scala mobile in guisa, che si potesse sempre ricondurre il punto 0 della scala sul livello del bacino. Il barometro di Fortin ha un bacino a fondo mobile, in cui si può alzare od abbassare il mercurio; la punta d'una bacchetta d'avorio indica il livello rigorosamente necessario *1.

*1 V'hanno grandi precauzioni a prendersi, tanto nella costruzione dei barometri di precisione, quanto nel loro uso. Occorre, per esempio, che il tubo sia ben purgato dall'aria, e perciò, che il mercurio v'abbia bollito dentro. Debbesi tener conto de' cambiamenti di temperatura che aumentano o diminuiscono il volume di tutti i corpi: debbesi tener conto inoltre dell'attrazione capillare del

MARIA. A che serve adunque il quadrante dei nostri barometri ordinarii?

ALBERTO. A indicare la pioggia e il bel tempo, ciò è assai visibile : ma il modo? io lo ignoro affatto.

MORIZIO. Egli è facilissimo. Il barometro che voi avete sotto gli occhi (vedi fig. 16) ha il suo bacino formato d'un tubo ristretto: per conseguenza le variazioni della colonna debbono formare un divario sensibile di livello. Si fa galleggiare su questo livello un peso di ferro attaccato con un filo di seta, il quale, dopo essersi rotolato sulla carrucola P, ricade col mezzo di un contrappeso B. Vi è dunque facile il vedere che, se il mercurio sale nel tubo il quale serve di bacino, s'eleverà il piccolo galleggiante di ferro e discenderà il contrappeso. Il contrario accadrà poi se il mercurio s'abbassa. Questi movimenti non possono farsi senza che la puleggia giri, e faccia girare nel tempo medesimo l'ago che serve d'indice. Per esempio, quando il mercurio si troverà al suo livello medio, prodotto da una pressione media, l'indice noterà **VARIABILE** *1. Esso girerà

tubo che agisce sul liquido, a meno che il diametro del tubo non sia molto largo, a meno che s'usi il barometro di Gay-Lussac, di cui il bacino e l'estremità del tubo sono di diametro eguale. Questo barometro portabilissimo è il migliore e il più comodo di tutti: esso fu modificato da Buntzen.

*1 Alla riva del mare, l'altezza media è di 0^m 7629: Parigi è di 0^m 756 (28 pollici francesi).

verso la pioggia, quando il livello risalirà, e per conseguenza la pressione atmosferica sarà minore: esso girerà verso il bel tempo quando il livello si farà più basso.

MARIA. Si dice tuttavia che il barometro *sale* quando fa bello.

MORIZIO. Senza dubbio. La colonna barometrica *sale*, perocchè l'aria più asciutta è più pesante: essa preme vieppiù il bacino, e fa abbassare il suo livello per allungar la colonna. L'aria, mescolata a vapori di lei più leggeri, perde del suo peso sotto lo stesso volume, e preme meno il bacino: la colonna diminuisce e il livello risale. Ecco i cambiamenti che l'indice nota, soprattutto se si faciliti il gioco della puleggia dando un piccolo colpo sul quadrante. Del resto, non occorre chiedere al barometro maggiori indicazioni che egli dar non possa. La pioggia e il bel tempo risultano spesso, egli è vero, dal peso dell'atmosfera: ma non è un'indicazione rigorosamente esatta. L'aria può essere mescolata a molti vapori in certe circostanze, senzachè si risolvano in pioggia.

MARIA. Io non me lo pensava, che un barometro fosse una specie di bilancia da pesar l'aria.

MORIZIO. Voi vedete che non è possibile dubitare del peso dell'aria, nè dubiterete pur anco della sua velocità. Il pallone con cui vi divertite non è gonfio che d'aria. Voi lo sapete bene, che a ciaschedun rimbalzo quest'aria si comprime

e si dilata, secondo che percuote più o meno violentemente la terra. S'appella forza elastica dell'aria la sua tendenza a dilatarsi. Voi conoscete questa forza elastica dell'aria atmosferica alla superficie della terra: è ad essa che la colonna barometrica di 0^m 76 centimetri fa equilibrio *1.

I fisici constatano la forza elastica dell'aria in mille modi. Una vescica a metà piena d'aria, collocata sotto un recipiente in cui si fa il vuoto, tosto si gonfia. La più piccola bolla d'aria che si fa penetrare nell'alto del tubo di un barometro, vi si dilata assai per deprimerlo; una bottiglia di vetro ben turata e piena d'aria si rompe, quando si faccia il vuoto intorno ad essa: tanto è gagliarda la pressione interiore allorchè non viene neutralizzata.

Quando importi di misurare la pressione dell'aria o di altri gaz che com'ella sono elastici, si impiega una misura particolare che dicesi *atmosfera*. Per esempio, si dice d'una macchina a vapore ch'ella agisce a due atmosfere, quando il vapore che preme lo stantuffo ha una forza elastica capace di tenere in equilibrio una colonna di mercurio di due volte 0^m 76 centimetri. Se ella agisce a quattro atmosfere, ella terrà in equilibrio una colonna di quattro volte 0^m 76 centimetri e così di seguito. S'egli è stabilito dai

*1 Un chilogramma per centimetro quadrato.

fatti, che la pressione atmosferica ordinaria risponde ad un chilogr. per centimetro quadrato, una forza di quattro atmosfere produrrà una pressione di quattro chil. per centimetro. Questa sola indicazione vi farà comprendere che si voglia dire quand'uno si serve di queste espressioni: ecco un serbatoio a gaz in cui si può comprimere il gaz a quindici *atmosfere*. La pulizia esige, che la tale caldaia a vapore sia messa a prova con venti *atmosfere*.

ALBERTO. Gli è dunque coi barometri che si misureranno queste differenti pressioni?

MORIZIO. Non già. Mariotte ha scoperto una legge assai notevole fra il volume d'una massa d'aria e la sua forza elastica. Così, imprigioniamo una colonna d'aria in un tubo con mercurio od altro liquido: se la colonna ha dieci centimetri sotto la pressione atmosferica, essa ne avrà cinque sotto la pressione di due atmosfere. Dimodochè la forza elastica d'un gaz è *in ragione inversa della lunghezza della colonna d'aria ch'ella comprime*, oppure in ragione inversa del volume. La legge di Mariotte fu verificata nel 1829 da Dulong, fino a ventisette atmosfere. L'apparecchio fondato su questa legge dicesi *manometro*.

Quando occorra di mettersi al coperto dagli effetti della forza elastica del gaz, s'usano qualche volta animelle di sicurezza. Sono turaccioli metallici che chiudono esattamente il recipiente contro cui si applicano. Un giuoco di leva li ri-

tiene con una forza di tanti chilogrammi per ogni centimetro quadrato, quante vogliono averci atmosfere di forza. Quando la forza elastica sorpassa questo limite, ella solleva il turacciolo. Il gaz si disperde, e l'operaio è preservato da disgrazie *1.

È questo il momento di parlarvi d'alcuna delle macchine fondate sulla pressione e l'elasticità dei gaz. Nel primo ordine noi collocheremo la macchina pneumatica, di cui vi ho parlato altra volta.

ALBERTO. Io so già che la macchina pneumatica è una tromba destinata a togliere l'aria da un recipiente qualunque, siccome una tromba ordinaria toglie l'acqua da un serbatoio.

*1 V'ha de' gaz che si liquefanno quando si sottopongono ad una certa pressione sotto una data temperatura; allora la forza elastica più non cambia. Ecco i principali:

GAZ.	PRESSIONE.	TEMPERATURA.
Acido solforoso	2 atmosf.	7°
Cianogene	3,7	7°
Cloro	4	15°
Gaz ammoniaco	6,5	10°
Acido carbonico	36	0°
Acido cloridrico	40	8°

FIGURA 17.

MORIZIO. È questa appunto l'idea generale che voi dovete averne: poche cose mi restano a dirvi perchè voi ne abbiate una sufficiente conoscenza. La figura vi presenta a primo aspetto due sbarre dentellate, armate ognuna d'uno stantuffo verso il punto P. Elleno s'immergono in tubi che questi stantuffi chiudono ermeticamente. Una imboccatura mossa da una manovella A B fa discendere e salire alternativamente le sbarre dentellate, e per conseguenza gli stantuffi.

Di fianco a questo apparecchio è un piatto ben collocato, su cui si pone ordinariamente una campana, gli orli della quale sono intonacati d'un corpo grasso, ciò che dicesi recipiente della macchina. Riunite i corpi di trombe e il recipiente con tubi adatti, e l'apparecchio sarà finito.

Io suppongo uno degli stantuffi nel punto basso della sua discesa. Un primo movimento della manovella tende a farlo salire; e se non entrasse aria nel tubo ch'egli chiude ermeticamente, v'avrebbe un vuoto assoluto di corpi ponderabili in questo tubo medesimo. Ma un'animella collocata nel fondo del corpo di tromba si leva per l'effetto della pressione dell'aria esterna; e quando lo stantuffo è nel più alto suo punto, la pressione dell'aria bilanciandosi al di dentro e al di fuori, l'animella s'abbassa in virtù del suo peso, e l'aria sorbita è imprigionata nei corpi di tromba.

Proviamoci intanto a rispingere lo stantuffo con un nuovo movimento della manovella: gli è chiaro che noi non ci riusciremo, se non in quanto che verrà da noi procurata all'aria una conveniente uscita. Vi si perviene col mezzo di un'animella aprentesi nella parte esteriore dello stantuffo mentre questo discende. È così che a ciaschedun colpo della macchina una certa quantità d'aria è attirata, poi rigettata dai movimenti combinati dello stantuffo e delle animelle.

MARIA. Io comincio a comprendere. L'aria attinta dallo stantuffo non viene dal di fuori precisamente: essa viene bensì dalla campana che voi dite recipiente, col mezzo senza dubbio d'un tubo che vi mette capo.

MORIZIO. Ella può egualmente venire da un pallone o da tutt'altro apparecchio di cui la forma lascia avvitare l'orifizio su questo tubo che ora vedeste.

ALBERTO. Una cosa mi imbroglia tuttavia. Come si può essere certi d'ottenere un vuoto perfetto nel recipiente?

MORIZIO. Il vuoto assoluto, quale esiste per esempio nella camera barometrica al di sopra del mercurio, non può ottenersi sotto il recipiente della macchina pneumatica. Questa macchina *rarefa* notabilmente l'aria, ma non la toglie per intiero *1. Si misura la rarefazione col barometro.

*1 Se il recipiente e il corpo di tromba hanno una capacità eguale, un solo colpo di stantuffo toglie dal re-

MARIA. Tutto è semplice: meno l'aria è densa, meno pesa sul mercurio del bacino, e più il barometro si abbassa. Se non rimanesse più aria nel recipiente che nel barometro, i due livelli sarebbero eguali *1.

ALBERTO. Ancora una questione: perchè s'impiegano egliino i due corpi di tromba?

MORIZIO. Senza di ciò, il gioco della macchina diverrebbe più difficile a ciaschedun nuovo colpo di stantuffo. Sarebbe necessaria una grande forza per sollevare lo stantuffo, quando l'aria interna, vieppiù sempre rarefatta, non farebbe più equilibrio alla pressione esteriore. Al contrario questo stantuffo medesimo s'immergerebbe vivamente. Per via dell'imboccatura che riunisce le due sbarre dentellate, uno stantuffo discende mentre l'altro sale: l'equilibrio è perfetto, almeno quando si stabilisce una comunicazione fra i due corpi di tromba col piede della macchina.

MARIA. È ella di molto uso questa macchina pneumatica?

MORIZIO. Moltissimo ne' laboratoi per fare gli sperimenti. Si vuol egli provare per esempio che l'aria è necessaria alla vita? Si pone un uccello

recipiente la metà dell'aria: il secondo colpo toglie la metà di ciò che resta, e via. Non vi può dunque essere vuoto perfetto.

*1 Le migliori macchine fanno abbassare il barometro da 0^m760 a 0^m,001. Il recipiente contiene allora 760 volte meno aria che non ne contenesse prima.

sotto il recipiente della macchina; e a misura che si fa il vuoto, egli è preso da convulsioni, si dibatte, finchè gonfiandosi tutto, spira prontamente. I rettili ed i pesci soffrono più a lungo la privazione dell'aria.

L'evaporazione dell'acqua, e dei liquidi si fa rapidissimamente nel vuoto ad una temperatura bassa; ciò che prova essere la pressione dell'aria che ritiene precipuamente i liquidi nel primitivo loro stato. Ma siccome un liquido non può prendere lo stato gassoso senza assorbire una quantità considerevole di calore, quale più tardi vedremo, si produce da questa rapida transizione un freddo notevole intorno al corpo che si gasifica.

L'idea che voi avete della macchina pneumatica vi somministra un'idea sufficiente delle trombe ordinarie. La tromba aspirante ha una grande rassomiglianza con uno dei corpi di tromba della macchina pneumatica. Avvece di comunicare con un recipiente, il tubo adattato al corpo di tromba comunica coll'acqua d'un pozzo. Facendo muovere lo stantuffo, si fa il vuoto; l'aria del tubo entra dalla valvola inferiore, e quindi è scacciata dalla valvola dello stantuffo. A misura che essa viene rarefatta, pesa meno sull'acqua del pozzo, la quale ascende alla sua volta nel tubo, spinta dall'aria esterna. V'ha un momento in cui l'acqua pervenuta all'animella, la quale non concedeva passaggio dapprima se

non all'aria, passa attraverso il corpo di tromba come vi passava l'aria dapprima, e si trova siccom'essa respinta.

ALBERTO. Vale a dire, che il tubo d'una tromba in un pozzo è come il tubo d'un barometro; il pozzo è il bacino.

MORIZIO. Precisamente. Solo, si fa il vuoto direttamente all'alto del tubo.

ALBERTO. Da ciò avviene, che non si possono applicar trombe a tutti i pozzi; perocchè l'acqua non può elevarsi ad ogni altezza. Il mercurio s'eleva a 0^m76 centim. L'acqua che pesa tredici volte e mezza meno, debbe elevarsi tredici volte e mezza più alto: ecco tutto.

MORIZIO. Non può darsi al tubo delle trombe ordinarie più di 9 metri d'altezza nella pratica: ma quando il pozzo è più profondo, s'impiega un altro sistema di trombe: sono le trombe aspiranti e prementi.

FIGURA 18.

Questa tromba ha una prima valvola S al sorgere del tubo che conduce l'acqua. La valvola lascia dapprima salire l'aria, poi l'acqua entro i corpi di tromba, quando s'eleva lo stantuffo P. Questo stantuffo non ha animella esso medesimo; quando s'abbassa, preme l'acqua col tubo laterale che conduce alla valvola S'. La pressione fa sollevare quest'animella e fa passar l'acqua; ma

quando lo stantuffo risale e non v'ha più pressione, l'animella S' ricade, e l'acqua passata al di sopra resta trattenuta. Al colpo seguente di stantuffo una nuova quantità d'acqua risale, e così di seguito, fino a che l'acqua abbia attinto il livello del rubinetto che le concede di scolare. Così, più s'ha di forza per premere l'acqua, più si può elevare in alto: è un'azione tutta meccanica; basta che lo stantuffo non sia 10 metri al di sopra dell'acqua.

MARIA. La tromba ad incendio è ella così fatta?

MORIZIO. Ella ha questa differenza, quando l'acqua è compressa in un serbatoio racchiudente dell'aria, che si comprime tanto più, quanto la quantità d'acqua introdotta è più considerevole. La forza elastica di quest'aria compressa fa salir l'acqua per un tubo avvitato al fondo del serbatoio. Adatti prolungamenti permettono di dirigere il getto *1.

Quando voi succiate acqua o un liquido qualunque con un tubo o un cannello, voi fate l'effetto d'una tromba. Voi scacciate l'aria dal tubo, e il liquido vi sale per l'effetto della pressione

*1. Non possiamo dispensarci dal dire una parola delle trombe rotative che cominciano ad essere di frequente impiego. Queste trombe non hanno stantuffo propriamente detto; sono pale che si fanno girare in una scatola convenientemente disposta. Le pale scacciano davanti a sè l'aria contenuta nella scatola e nel tubo che vi è applicato. Quest'aria esce per un altro tubo, e dietro ad

esteriore. Potete facilmente farne prova. Voi avreste un bel succiare il collo d'una piccola bottiglia: non farete mai salire il liquido, se l'aria esterna non può entrarvi.

Il soffietto è una specie di macchina pneumatica. Si fa il vuoto allargando i fianchi: l'aria penetra, ed esce di nuovo quando i fianchi si ravvicinano con maggiore o minor forza. Dicesi soffietto a due venti e a vento continuo quello che ha due camere nel suo interno, di cui una si vuota mentre l'altra si riempie: di modo che non resta interruzione nel getto d'aria. I soffietti di fucina sono a *due venti*.

Quando s'ha bisogno d'una grande quantità d'aria, si procura col mezzo d'un largo tubo detto *tromba*, in cui si move uno stantuffo. Le comunicazioni vengono stabilite in modo, da concedere facile ingresso all'aria, mentre che non può uscire se non da un orifizio molto minore. L'aria compressa fugge alternativamente al di sopra e al di sotto dello stantuffo, e v'ha così continuità. I soffietti dei grandi fornelli sono così costrutti.

L'apparecchio respiratorio degli animali è una specie di soffietto, di cui la sede è nei polmoni.

essa vien l'acqua che segue la direzione medesima. Mentre che nelle trombe ordinarie v'ha un movimento alternativo e penoso, v'ha nelle trombe rotative un movimento circolare sempre eguale, e un getto perfettamente continuo. Le principali trombe rotative sono, la tromba americana di *Farcot* e quella di *Dietz*.

I bottai danno il nome di *assaggia-vino* ad un tubo aperto ch'eglino immergono pel cocchiere in un tino o di vino o d'acquavite, prendendo cura di turare l'estremità del tubo col dito prima di ritirarlo. Il liquido rinchiuso nell'*assaggia-vino* non cade, benchè l'altro capo sia aperto; pe-
 rocchè l'aria non può penetrarvi dentro *1.

Quando si tira il vino da una botte, s'è stupiti talvolta di vedere lo scolamento arrestarsi tutto ad un tratto.

ALBERTO. Gli è perchè il cocchiere o lo zipolo che si trova sulla botte non è tolto. Io lo so per averlo veduto: ma ora ne comprendo la ragione. Lo scolamento non può aver luogo se non in quanto la superficie liquida trovasi compressa dall'aria

MORIZIO. Fate che nello zipolo v'abbia un tubo avvece d'un'apertura; fate quindi discendere questo tubo in una tinozza dove il liquido dovrà cadere dal rubinetto e dalla *pevera*. Finchè il capo del tubo non sarà sommerso, il liquido scolerà, perchè l'aria passa pel tubo e per lo zipolo; ma dacchè il liquido turerà il tubo nella ti-

*1 Sotto il nome d'inaffiatoio magico, d'imbuto magico, i giocolieri hanno degli apparecchi a doppio fondo, di cui uno degli scompartimenti racchiude un liquido postovi da prima. Con un semplice movimento del pollice si può intercettare l'aria o lasciarla penetrare in questo scompartimento, cosicchè s'impedisce o si permette lo scolo, e producesi così a chi guarda maggiore o minore sorpresa.

nozza , lo scolamento s'arresterà, perchè l'aria viene intercettata. Se voi immaginate la tinozza bucata d'un foro minore del robinetto , il liquido si scolerà poco a poco, il tubo ad aria sarà sturato , e il robinetto ricomincerà a scolare, fino a che il liquido intercetti di nuovo nella tinozza l'aria del tubo. Questo fenomeno che si produce in alcune sorgenti naturali dette *fontane intermittenti*, passò lungo tempo per meraviglioso : niente di più semplice.

ALBERTO. Impiegasi talvolta, per travasare il vino, un apparecchio che si noma sifone. Io non ho mai potuto spiegarmi come il vino s'elevi così in un tubo per ricadere in un altro.

MORIZIO. Il sifone è un tubo piegato in due; un braccio è più corto che l'altro. Quest'ultimo s'immerge nel liquido, il quale si scola dal grande braccio. Facendo il vuoto nel grande braccio, succiando per esempio, il liquido sale nel braccio piccolo, giunge alla sommità, e discende pel suo peso dall'altro braccio. Mentre lo scolamento ha luogo, dovrebbe farsi un vuoto nel gomito superiore; ma questo vuoto è tosto riempito dal liquido, il quale continua a salire in virtù della pressione esteriore, e anche lo scolamento continua.

MARIA. Perchè importa egli che i bracci del sifone siano ineguali ?

MORIZIO. Se i due bracci sono eguali, la pressione atmosferica tendendo ad elevare le due co-

lonne liquide colla medesima forza, e questa tendenza trovandosi distrutta da pesi eguali per ciascuna parte, le due potenze s'annullerebbero. Al contrario, se il grande braccio ha un centimetro di più di lunghezza, i pesi saranno ineguali, e l'equilibrio sarà distrutto. Il liquido verrà spinto verso il lungo braccio con una forza, che potrà essere rappresentata da un centimetro.

ALBERTO. Ne segue allora, che il sifone debbe colare altrettanto più presto, quanto più grande è la differenza dei bracci.

MORIZIO. Sì certo, purchè voi non contiate il piccolo braccio che a partire dal livello del liquido in cui s'immerge.

ALBERTO. Quando si vuota un vaso con un sifone per non rimescolare il deposito che trovasi al fondo, il liquido debbe colare più presto quando il vaso è pieno, che quando non lo è se non per metà.

MORIZIO. È una conseguenza necessaria di ciò che poco fa vi diceva. Più spesso questa differenza di velocità non produce inconvenienti di sorta; ma talora s'ha bisogno d'uno scolamento costante. Egli s'ottiene con facilità per mezzo d'un apparecchio dovuto a Mariotte, e che consiste semplicemente in un tubo aperto che s'immerge nel liquido ad una certa profondità, attraverso un turacciolo il quale chiude ermeticamente il vaso. Gli è dappprincipio la colonna d'acqua del

tubo che scola dal sifone o dal rubinetto, perocchè è la sola su cui l'aria può pesare. Ma quando non v'ha più acqua nel tubo, l'aria sale bolla per bolla nel vaso, a misura che la colonna fluida tende ad abbassarsi; dimodochè il livello di questa colonna si trova sempre all'orifizio inferiore del tubo. La velocità di scolamento debbe dunque essere sempre la medesima, dacchè non v'ha più acqua nel tubo; perocchè la vera altezza del livello della colonna fluida è l'orifizio inferiore del tubo, trovandosi questa parte sola sottoposta alla pressione dell'aria.

Questa spiegazione vi parrà forse difficile a comprendere: ma l'esperienza ve lo confermerà pienamente se voi volete farne la prova. Del resto, voi la comprenderete forse meglio nell'applicazione che ne venne fatta allo scolamento dell'olio nelle lampade.

Le lampade ordinarie, quelle per esempio che s'applicano contro i muri, hanno un serbatoio superiore al livello del lucignolo. Se l'aria avesse libera via al di sopra di questo serbatoio, l'olio andrebbe tosto ad annegare il lucignolo; ma così non procede la cosa. V'ha due parti in questa sorta di lampade; una, il serbatoio di cui vi parlo; l'altra, un recipiente che conduce l'olio al lucignolo. L'apertura del serbatoio è pel basso: ella s'immerge nel recipiente sino al livello del lucignolo; il recipiente dà libero accesso all'aria. Finchè l'apertura del serbatoio sta

nell'olio del recipiente, l'olio del serbatoio non si scola più che l'acqua d'una bottiglia, cui terrete riversata in un vaso d'acqua parimente ripieno: perocchè l'aria non vi penetra. Ma se la combustione costringe il lucignolo ad attingere l'olio per un effetto dell'attrazione capillare, il recipiente si vuota. L'apertura del serbatoio rimane allo scoperto, una bolla d'aria penetra, un po' d'olio cade, e l'apertura si trova novellamente bagnata d'olio, fino a che il lucignolo n'abbia attinto abbastanza. Lo stesso gioco ricomincia, finchè il serbatoio non sia vuoto.

MARIA. Voi ci parlate delle lampade *ordinarie* o delle lucerne comuni. Ma v'ha moltissime sorta di lampade: è egli il medesimo principio che le regge tutte?

MORIZIO. No. I principii sono assai differenti. Pochissimi anni sono, non conoscevasi per gli appartamenti che le lampade *a corona*. È il più cattivo sistema conosciuto, se si eccettui il sistema delle lampade formate semplicemente d'un lucignolo di cotone immollato nell'olio. Il serbatoio delle lampade a corona si trova nella corona medesima collocata all'altezza del becco. Quando questo serbatoio è pieno, l'olio strabocca: quando ve n'ha poco, esso sale difficilmente: non v'ha regolarità nell'illuminazione. Le lampade a serbatoio superiore valgono assai meglio: ma portano molta ombra, ciò che ne limita l'impiego.

Carcel ha immaginato pel primo un mezzo di

far disparire il serbatoio superiore e la corona delle lampade. Il serbatoio di Carcel è nel piede; l'olio sale fino al lucignolo per un movimento di cui debbo dirvi qualche parola.

FIGURA 19.

La figura presenta una specie particolare di tromba. I tramezzi A e B C formano il corpo di tromba in cui va e viene lo stantuffo P. Questo stantuffo viene mosso da un movimento d'orologeria, che fa girare l'imboccatura a manovella *m n*, la quale tira e spinge alternativamente il collo F I dello stantuffo. Ecco ciò che accade mentre lo stantuffo è tirato verso F. Egli si forma a dritta un vuoto, il quale è bentosto riempito dall'olio, di cui il serbatoio trovasi sotto B C, e che, passando per l'incavatura *a*, solleva la valvola E. Quando lo stantuffo ritorna, la valvola E si chiude col suo proprio peso, e l'olio trovandosi compresso dal punto *d*, passa sollevando la valvola superiore. Il gioco è lo stesso ai punti *b* e *c*. L'olio sospinto senza posa in A, s'eleva pel tubo H, il quale si trova nella colonna della lampada.

Si fecero in questi ultimi tempi alcune imitazioni delle lampade di Carcel, con modificazioni più o meno felici, nelle quali non intendo immettermi. Ma il meccanismo delicato di queste lampade, la cura ch'elleno esigono, la necessità di rimontarle, arrestarle e simili, l'elevato loro

prezzo quando sono ben fatte, impediranno mai sempre ch'elleno divengano molto popolari. Così si provò di sostituirle, conservando i loro due principali vantaggi: serbatoio inferiore e affluenza d'olio al lucignolo:

Ve ne citerò due: la prima è la lampada idrostatica inventata da Thilorier. L'olio introdotto cade nel piede della lampada dove trovasi un serbatoio; ma ve n'ha un altro al di sopra. Questo ultimo è ripieno di solfato di zinco liquido, assai più pesante dell'olio, e comunica col serbatoio inferiore.

Si produce allora lo stesso effetto che noi abbiamo di già studiato, relativamente alle differenze di livello nei vasi comunicanti. È questa differenza che lascia salir l'olio sino al lucignolo per mezzo di un tubo particolare, come nel *vaso di Mariotte* a livello costante.

FIGURA 20.

L'impiego d'un liquido estraneo, i depositi salini formati nell'apparecchio tolsero a queste lampade di mettersi in gran voga. Elleno sono sostituite vantaggiosamente a' dì nostri da lampade che hanno il vantaggio di non contenere che olio. La figura può darvi un'idea della loro composizione, che d'altronde si modifica secondo la forma che si vuol dare al piede. V'hanno tre serbatoi A B C, i quali comunicano fra di loro per mezzo dei tubi che vedete. Al punto *f* si trova

il lucignolo. Se si versa dell'olio nel serbatoio A, esso si spanderà in tutto l'apparecchio che se ne farà pieno bentosto. Si chiude allora ermeticamente l'apertura per cui s'infuse l'olio, e si versa la lampada nell'ampollina a quest'uopo disposta. Allora si scola al di fuori tutto ciò che era contenuto nei tubi e nel serbatoio B, il quale resta pieno d'aria. Voi vedete nella figura, che i serbatoi A e C debbono soli restare pieni d'olio. Si rimette la lampada in piede; e l'aria non potendo penetrare pel tubo *f e* che è immerso nell'olio, non penetra che per A *a*, tubo destinato a produrre uno scolamento costante come nel vaso di Mariotte, o piuttosto una costante pressione. L'olio è dunque disposto a cadere da *a* in *b*; ma quando il piccolo bacino *b* è pieno, lo scolamento non può farsi che in quanto l'aria del serbatoio B non vi oppone resistenza disorta. Ora, quest'aria non può fuggire che guadagnando per mezzo di un tubo la parte superiore del serbatoio C, e scacciando l'olio che vi si trova e che s'eleva per *e f*, vale a dire pel becco della lampada. Ecco dunque ciò che accade. La colonna d'olio *a b* gravita col suo peso, secondo la sua lunghezza, sull'aria imprigionata in B; la forza elastica dell'aria le concede di comunicare questo impulso all'olio collocato in C, al posto del quale tende a mettersi. L'olio è dunque respinto nel tubo *e f* da una potenza eguale ad *a b*, e per conseguenza sur un' altezza *e f* che dovrebb'es-

sere eguale ad $a b$. Così, finchè v'ha dell'olio in C e dell'aria in B, finchè il serbatoio A non è vuoto, l'olio debbe salire al becco f . Gli è questo sicuramente il migliore sistema di lampade fin qui conosciuto. Queste lampade hanno tutti i vantaggi delle lampade a movimento d'orologeria, e non ne hanno quasi nè gli inconvenienti nè il prezzo. Elleno non possono deteriorarsi se non quando un tubo si dissalda o si rompe. Il primo inconveniente è assai raro, perocchè questi tubi non fanno fatica: il secondo è più comune, ma vi si può ovviare lavando tutti gli anni le lampade all'olio caldo. Elleno non hanno altro difetto che quello d'esigere, da chi le prepara, la cura di riversarle ogni qual volta vi si pone dell'olio *1.

FIGURA 21.

Mi sono esteso in questi particolari, perchè amo indicarvi le applicazioni dei principii della fisica sugli oggetti che possono il più spesso cadere sotto le vostre mani. Non avrei tuttavia bisogno d'entrare in alcun ragguaglio su ciò che i fisici dicono *fontana di Gerone*. È il meccanismo della nostra lampada con questa differenza, che il tubo $e f$ ($c d$) è molto più corto che il tubo $a b$, e per conseguenza vi si forma un getto d'acqua.

*1 Esistono lampade in cui una molla fa premere una piastra metallica nell'olio. Questo metodo è lunge dall'aver la semplicità e la regolarità dell'altro.

Non ci occuperemo tampoco di varii apparecchi conosciuti sotto il nome di *fontane di compressione, di circolazione, fucili a vento* e simili *1.

La compressione dell'aria e dei gaz è sovente utile: ne vedemmo un esempio nei soffietti. Le macchine a vapore ce ne forniranno degli altri. Si comprime spesso il gaz d'illuminazione per renderlo più portatile: il gaz acido carbonico per la fabbricazione delle acque gassose, e gli altri gaz per tentare di liquefarli.

Lo scolamento dei gaz si fa come quello dei liquidi; si può dunque loro applicare, come ai liquidi, il teorema di Torricelli. La velocità dei gaz è altrettanto maggiore quanto più il gaz è leggero. V'ha contrazione della vena fluida in sottile parete. I tubi di lega hanno una grande influenza sulla velocità e la regolarità dello scolamento. Questi principii furono constatati con cura da fatti, dopo che l'illuminazione a gaz diede la più grande importanza al calcolo del consumo che se ne può fare.

Io cito ad esempio alcuni fatti relativi all'atmosfera considerata nel suo insieme: ce ne occuperemo un po' più tardi, quando potremo riunire in un sol colpo d'occhio tutti i fenomeni meteorologici.

*1 Veggasi il dizionario.

TRATTENIMENTO SETTIMO.

Del suono. — Cause ed effetti del suono. — Acutezza, gravità, intensità del suono. — Teoria musicale dei suoni.

Assai quistioni si presentarono al mio spirito, disse Maria alla seguente passeggiata, in rapporto alla causa che può produrre questa varietà infinita di suoni che noi possiamo percevere e calcolare. Nel prendere la mia lezione di piano, io mi domandava dapprincipio, perchè i suoni si producessero: poi, siccome noi intendessimo questi suoni: quindi, perchè i tasti percossi da persona abile, formano così graziosi accordi, mentre che io, per qualunque delicatezza e diligenza vi ponga, se ho la disgrazia di toccare alla ventura il piano, non posso tirarne che un indegna musica. Quando questi dubbi mi colpivano, m'accorsi che i canti, le voci, i suoni, i rumori d'ogni genere sono fenomeni di cui la natura m'era affatto sconosciuta, e su cui non aveva fin qui meditato. Se ciò è del dominio della fisica, come non ne dubito, spero che voi consacrerete una seduta a tenercene ragionamento.

— Voi non dimenticherete, aggiunse Alberto, di spiegarci gli strumenti ad aria, il clarinetto, il corno e simili.

— E gli echi, riprese Maria, voi ce ne parlerete n'è vero?

— E i tamburri, e le campane, e i cannoni, e il tuono.... Ecco un'infinità di cose.

Miei amici, rispose Morizio, moderatevi alcun poco. Io non posso spiegarvi tutto in una volta: ma colla pazienza, noi troveremo a tutti questi fenomeni una soddisfacente spiegazione. Il loro esame forma, come poco fa supponevalo Maria, un ramo importante di fisica: L'ACUSTICA.

Per istudiare i fatti senza confusione, è bene ch'io entri in qualche particolare sulle proprietà del suono: voi comprenderete meglio in seguito le circostanze che accompagnano il suo prodursi.

Quando voi titillate la corda di uno strumento di musica, d'un contrabbasso per esempio, si produce un suono: e se la corda non è troppo tesa, elevandola all'altezza dell'occhio, voi vedete chiaramente una oscillazione rapida della corda medesima. Più la corda è tesa, più l'oscillazione è rapida, e più acuto è il suono. Non potreste voi già di qui conchiudere, che il suono dipende dall'oscillar della corda o dalle *vibrazioni*?

Quale effetto producono intanto queste vibrazioni? Elleno scacciano, elleno sferzano l'aria e spostano le molecole più vicine, le quali comunicano alla loro volta lo stesso movimento alle altre, e via. Non vi siete mai divertiti da

ragazzi a sputare nell'acqua? Avrete allora notato senza fallo, come si produceva alla superficie del liquido un movimento ondulatorio, formante un circolo mobile attorno al punto ove cadde lo sputo: che questo circolo andava allargandosi sempre, fino a che la sua estensione medesima lo rendesse impercettibile. Bene: ecco l'effetto prodotto sull'aria, effetto invisibile perchè invisibile è l'aria, e perchè le vibrazioni sono il più delle volte troppo piccole per essere percettibili.

— Così, osservò Maria, quando noi sentiamo un suono qualunque, gli è perchè l'aria si trova percossa tutt'intorno, e perchè questo turbamento viene fino al nostro orecchio.

— Così appunto.

— Il rumore debbe in questo caso, soggiunse Alberto, farsi qualche tempo prima d'essere inteso.

MORIZIO. Ecco là basso sulla via quel guardastrade che batte sui ciottoli a colpi raddoppiati colla sua piccola mazza di ferro. Non vi par egli d'intendere il rumore mentre che la mazza è in aria? È certo nullameno ch'esso ha luogo mentre i ciottoli vengono battuti.

— Ascoltate, disse Maria.... (nel momento stesso s'intese a cinquecento passi un colpo di fucile sparato da una delle guardie del castello). Io aveva veduto il fuoco di quel fucile a pietra assai prima di sentirne il colpo. Tuttavia il colpo partiva al momento in cui io vedeva la luce.

MORIZIO. Ciò, amici miei, basta per provarvi che il suono non vi giunge istantaneamente, benchè si propaghi velocissimamente. Di fatto, esperienze dirette provarono che il suono percorre 333 metri circa ogni secondo alla temperatura ordinaria. Le esperienze le più conclusive furono fatte nel 1822 dall'ufficio delle longitudini di Parigi. Alcune cannonate partirono da due punti, Montmartre e Villejuif, lontani di 18612^m,5. L'intervallo fu percorso dal suono in 54" 6. Uomini collocati in punti intermedi poterono constatare che il suono metteva metà meno di tempo a percorrere metà meno di distanza e via; cosicchè è costante, che il suono si propaga con una velocità sempre eguale.

Ecco dunque un mezzo di misurare le distanze quando non occorra una precisione rigorosa. Vuolsi egli conoscere in mare la distanza a cui si è da una fortezza o da un naviglio da cui s'aspetta soccorso? In caso di pericolo, voi sapete che i segnali ordinarii si fanno col cannone: è dunque facile, contando i secondi, sapere la distanza che s'ha così grande interesse di conoscere.

Voi avete una certa paura del tuono, o almeno una certa inquietudine al suo avvicinarsi? Bene: volete sapere in tempo di procella a quale distanza esso vi sia? Misurate il tempo che passa fra il lampo e il rumore che l'accompagna.

ALBERTO. Sarebbe assai comoda cosa, ne convengo: ma se importa a quest'uopo avere un

orologio a secondi, essa è assai poco praticabile.

MARIA. Non ti sovviene egli dunque del pendolo che batte i secondi? Basta che ti procuri un filo di 994 millimetri.

MORIZIO. V'ha un mezzo più facile ancora. Il vostro polso, nel suo stato ordinario, batte poco più poco meno i secondi. Contate dunque tante volte 555^m quanti battimenti si succedono tra la luce e il fracasso; e purchè la paura non vi metta indosso la febbre, voi non andrete lunge dal vero.

MARIA. Il vento debbe molto influire sulla velocità del suono: perocchè il suono proviene dal turbamento dell'aria, e l'aria è respinta dal vento.

MORIZIO. Questa causa ha un'influenza assai minima sulla velocità del suono: per quantunque gagliardo sia il vento, la sua velocità è poca cosa in confronto delle vibrazioni sonore. Non fatevi una falsa idea di questo fenomeno: non v'ha spostamento d'aria per motivo del suono, non vi ha che turbamento. Poniamo, se vi piace, su questa tavola una fila di biglie pressochè uguali e toccantisi tutte; percuotete la prima della fila con un'altra biglia, e tutte saranno turbate quasi istantaneamente, senzachè elleno cambino di posto. L'ultima sola, la quale non trova un'altra biglia a cui comunicare il movimento, s'allontana dalle altre. È un seguito di leggi del movimento che noi già studiammo. Mentre urtate

la prima biglia, lanciatene un'altra più o meno presto: vedrete che ella impiegherà maggior tempo a toccare il capo della fila. Ebbene, il turbamento delle biglie raffigura quello prodotto nell'aria dal suono: all'oposto, il movimento della biglia slanciata, rappresenta la velocità del vento. Dietro a questa sperienza non vi maraviglierete più, quando vi dirò che l'influenza del vento non accresce d'un metro per secondo la velocità del suono.

Il vento influisce, è vero, sulla *intensità* del suono, e la densità dell'aria produce lo stesso effetto: ma questa causa non ha sulla velocità influenza maggiore. Le sperienze di cui poco fa vi parlava, furono ricominciate al Perù presso Quito, quando la densità dell'aria accusata dal barometro era 0,55 invece di 0,76: la velocità fu trovata la medesima.

Che i suoni siano gravi od acuti, la loro velocità non si modifica per questo. Lontani accordi incantano tanto il vostro orecchio quanto se fossero vicini. I suoni giungono al vostro orecchio nell'ordine di loro emissione, e vi arrivano liberi da romori accessori, i quali s'estinguono a poca distanza e li fanno parere più puri.

ALBERTO. I suoni non si spandono dunque indefinitamente?

MORIZIO. No certo. Quale fracasso d'inferno non udireste voi, se i suoni, una volta emessi, conservassero la loro densità? Il perturbamento

delle molecole d'aria non è senza qualche attrito, e voi sapete come l'attrito influisca sulla data forza.

MARIA. Ebbene, allora questo attrito farebbe credere, come nell'attrito delle macchine, che la velocità debba essere minore.

MORIZIO. Voi dimenticate che l'attrito non influisce sulla velocità che in quanto le molecole avrebbero dovuto spostarsi: voi confondete la velocità di perturbamento colla velocità di spostamento. Prendetevene ben guardia. Nella nostra piccola esperienza delle biglie, l'ultima sola che non trova a chi comunicare l'impulso ricevuto, è costretta a subirlo, e rotola più o meno presto secondo le leggi dello spostamento....

MARIA. È vero. Comprendo la differenza; ma s'è così portati a confondere queste due sorta d'azione, che importa badarvi molto per distinguerle.

MORIZIO. Il suono non si propaga nel vuoto. Ponete sur un cuscino poco sonoro di lana, un orologio a ripetizione sotto il recipiente della macchina pneumatica, e fate il vuoto: voi non intenderete per nulla il battimento delle ore. Ma il suono diverrà sensibile in proporzione della quantità d'aria che voi vi lascierete entrare. Questo fatto sarebbe da sè solo una prova evidente della spiegazione ch'io v'ho fatto relativamente alla propagazione del suono *1.

*1 La velocità del suono non è la stessa in tutti i gaz. Pare conforme alla ragione il credere che, se la rarezza delle molecole non influisce sulla velocità, la

Potrete benissimo assicurarvi che il suono si propaga attraverso i liquidi, facendo galleggiare sull'acqua in una piccola navicella di sughero un orologio a svegliarino o a ripetizione. Il suono così si sentirà benissimo. Si potrà dire che la mano o il corpo solido, il quale tiene la campana, comunica esso medesimo il suono che l'acqua propagar non potrebbe: ma è facile fare in modo che l'apparecchio resti intieramente sommerso. Non faccio che indicarvi questa sperienza, perchè ne faceste voi medesimo, nuotando, un'altra ancora più importante. Sapete bene, che quando vi immergete nell'acqua, sentite il rumore o la voce che viene dalla riva. Importa dunque che l'acqua trasmetta il suono fino alle vostre orecchie.

mobilità di queste molecole debbe avere una grande influenza. Così, sia più o meno densa l'aria, le sue molecole hanno sempre la mobilità stessa: ma la mobilità delle molecole dell'aria debbe essere differente dalla mobilità delle molecole d'un altro gaz. L'esperienza prova, che in generale il gaz più leggero propaga più presto il suono. L'eccezione che parve presentare l'idrogene bicarbonato non è forse che apparente: perocchè questo composto, come vedesi in chimica, affetta stati differenti.

Ecco il risultato delle esperienze di Dulong :

Idrogene	1269 ^m	50 per secondo.
Ossido di carbone	337	40
Idrogene bicarb.	314	»
Aria	333	»
Ossigene	317	17
Acido carbonico	261	60

ALBERTO. L'acqua è così poco mobile relativamente all'aria, ch'ella debbe trasmettere assai lentamente la vibrazione da essa ricevuta.

MORIZIO. No siete molto felice nelle vostre congetture. Noi non possiamo nulla affermare sullo stato delle molecole primitive che compongono i corpi. Solo, non v'ha dubbio, che gli interstizii o i pori i quali separano queste molecole sono molto grandi relativamente al loro infinitamente piccolo diametro. Ebbene: non si può egli congetturare, con molta verosimiglianza, che le molecole dei gaz hanno un certo movimento di traslazione per toccare la molecola vicina, mentre che questo movimento è assai minore nei liquidi, assai minore ancora nei solidi a grani, o piuttosto a molecole compatte?

Del resto, sia o no concludente il ragionamento nostro, l'esperienza parla. Colladon e Sturm, nel 1827, lavorando sul lago di Ginevra, trovarono che l'acqua trasmette il suono quattro volte più presto che l'aria *1.

*1 Gli osservatori avevano immersa nell'acqua una campana, e la facevano percuotere con un martello armato d'un manico che metteva il fuoco ad una massa di polvere. Per ascoltare, eglino servivansi d'un imbuto acustico, di cui l'estremità più larga tuffavasi nell'acqua. Questa estremità era chiusa da una foglia di metallo: nulla s'udiva quand'era aperta.

I solidi propagano in generale il suono meglio ancora dei liquidi. Uno di voi vadi a porre l'orecchio all'estremità di questo lungo pezzo di legno e l'altro rimanga all'altra estremità nella medesima attitudine: voi potrete comunicare insieme per un seguito di segnali debolissimi: per esempio percuotendo contro la trave colla testa di una spilla, o grattandola coll'unghia. Il *setoscopio* è fondato su questo principio. È un cilindro di legno forato lungo il suo asse, di cui i medici si servono per riconoscere lo stato dei polmoni col mezzo del rumore che vi produce la respirazione. Il foro del *setoscopio* lascia venire all'orecchio i suoni che l'aria condurrebbe meglio.

MARIA. Mi pare che sarebbe cosa egualmente sempre applicare con diligenza l'orecchio al petto che si vuole esaminare.

MORO. Questo metodo sarebbe spesso poco gradevole al malato, e d'altronde avrebbe l'inconveniente assai grave di confondere il rumore di tutte le parti del petto. Col *setoscopio* al contrario si può interrogare solamente ciascheduno dei punti del petto per iscoprire la sede del male.

Biot ha provato l'effetto della conduttibilità del suono attraverso i solidi per mezzo d'un tubo di ferro stretto di circa 1000^m. Un colpo di pistola tirato a una estremità, s'estendeva pressochè nel medesimo tempo all'altra: il suono trasmesso

dall'aria giungeva un po' più tardi *1. L'abete è il corpo che trasmette più presto i suoni.

I corpi solidi non sono tutti buoni conduttori del suono. Presi in massa considerevole, eglino l'arrestano, soprattutto quando questa massa è formata di particelle isolate ed eterogenee: strati di terra, volte spesse e simili. Accade lo stesso negli strati sottilissimi dei corpi formati di particelle, di frammenti che non s'uniscono: essi soffocano affatto il suono. La lana, la segatura di legno, sono di questo numero. L'appartamento più sonoro diviene eccessivamente sordo quando è tappezzato. Le parti molli degli animali conducono male il suono: elleno lo conducono tuttavia. Prendete un orologio fra i denti: il suo romore vi sarà percettibilissimo, quando vi tu-

*1 Ecco il risultato delle sperienze di Chladi sulla velocità del suono attraverso alcuni solidi. Se la velocità nell'aria è espressa da uno, la velocità attraverso una barba di balena sarà 6 2/3

Lo stagno. 7 1/3

L'argento. 9

Il legno di noce, tasso, quercia, pruneto. 10 2/3

Lo stagno giallo. id.

L'acajou, l'ebano, l'olmo, la betula. . . 14

Il tiglio, il ciriegio. 15

I cannelli di pipa. 12

Il rame. 12

Il pero, il faggio, l'acero. 13 a 13

Il salice, il pino. 16

Il vetro, il ferro, l'acciaio. 16 2/3

L'abete. 2,3 a 18

rerete le orecchie. L'intenderete pure applicandolo sur una parte qualunque del corpo, assai vicino nullameno all'organo che percepisce il suono.

Voi comprenderete ciò che concerne la riflessione del suono assai bene che la sua emissione. Un suono produce delle ondulazioni che si spandono lontano: ma se queste ondulazioni incontrano un ostacolo, come il fiotto che incontra uno scoglio, una commozione si produce in senso inverso, e l'ondulazione ritorna verso il punto da cui viene emessa.

MARIA. Ecco senza dubbio il caso dell'eco.

ALBERTO. In questo caso dovrebbero trovarsi degli echi dappertutto.

MORIZIO. Perchè un eco sia sensibile, occorrono certe condizioni. Dappprincipio, l'ostacolo debb'essere assai grande per poter riflettere una grande quantità di molecole e conservare l'intensità necessaria. Debbono essere in seguito collocato in modo, da non disperdere a dritta e a sinistra questo movimento ch'egli rimanda. Debbono essere inoltre ad una distanza tale, che si possa aver tempo di pronunziare una sillaba nettamente primachè il suono ritorni all'orecchio. Ora, supponete d'impiegare un minuto secondo ad emettere un suono: l'ostacolo che fa eco non dovrà riportarvelo che dopo questo mezzo secondo, vale a dire, quando la vibrazione avrà percorsa la metà di 333^m , ovvero 166^m all'incirca. Onde percorrere questa distanza, il suono sarà

costretto a farne metà (85^m) andando e altrettanti ritornando. L'ostacolo (mura, roccia e simili) *1 sarà dunque di 80^m per un eco brevissimo.

ALBERTO. Comprendo che, se l'eco è troppo vicino non verrà distinto.

MARIA. Se è troppo lontano, il suono non vi giungerà certo.

MORIZIO. Egli è dunque molto difficile veder riunite tutte le circostanze che costituiscono un eco perfetto. Se ne citano tuttavia de' curiosissimi. Presso Nancy, un eco ripete un verso intiero. L'eco di Woodstock ripete fino a venti sillabe. Si riferiscono echi ancora più maravigliosi: uno dei quali, per esempio, a tre leghe da Verdun, ripete un grido solo dodici o tredici volte, indebolendolo alcun poco ad ogni volta. Quest'eco è formato da due grosse torri lontane di 72^m, che si rimandano il suono a vicenda. Quello che fa l'esperienza si colloca nel mezzo.

Quando l'eco si confonde colla voce, prende il nome di risonanza, e il corpo che produce que-

*1 Un mucchio di foglie, una nuvola disposta convenientemente, bastano spesso per riflettere il suono. Non si può meglio paragonare la riflessione del suono che a quella della luce, la quale studieremo più tardi. Gli effetti sono del tutto analoghi. In una sala di forma ellittica, una frase pronunciata a bassa voce all'un dei fochi dell'elisse, è intesa assai bene all'altro foco, senza che gli uditori intermediari possano capir nulla.

sta risonanza vien detto più o meno sonoro. Perchè le risonanze vengano in soccorso, sia alla voce, sia agli strumenti, dando al suono maggiore intensità, importa ch'elleno siano assai pronte per confondersi con esso.

ALBERTO. Tutto ciò che ci avete detto fin qui non ci fa conoscere ciò che ha rapporto alla *intensità* del suono, di cui ci avete dappriocipio parlato, e che segue altre leggi da quelle della velocità.

MORIZIO. Io non v'ho nemmeno parlato di questo carattere che ciaschedun suono impronta ai corpi i quali l'emettono, e che s'appella *sonorità*. Si distingue assai bene... Ma voi, Maria, non m'ascoltate: udite voi qualche suono nella campagna?

MARIA. Odo muggire una vacca, e dalla medesima parte un canto. Io riconosco la voce del piccolo Narciso che guarda i bestiami della cascina.

MORIZIO. La differenza che vi fa distinguere la voce di Narciso da ogni altra gli è ciò che si dice *sonorità*. L'orecchio è più o meno abile a colpire le gradazioni per cui un suono si riconosce. Un orefice bene esercitato saprà spesso indovinare la quantità di lega contenuta in un pezzo d'argenteria ch'egli avrà lasciato cadere sur una piastra di fondita *1.

*1 Fu impiegata la *percussione* per riconoscere, col mezzo del suono, le malattie di petto. Il *plessimetro* è una piccola scatola che si posa sulle parti inferme. Questa scatola suona ad un certo modo quando si percuote, secondo lo stato di queste medesime parti.

ALBERTO. Per me, intendo assai distintamente la campana del castello che ci chiama a pranzo: io riconosco molto bene la sua sonorità e mai non m'inganno.

MORIZIO. Ritornando a casa, avrò ancora tempo di dirvi qualche cosa della intensità del suono, e concludere questo trattenimento con alcune parole intorno al suono musicale.

Voi già sapete, che l'intensità del suono diminuisce secondo che s'accresce la distanza. Sperienze fatte con cura stabiliscono che, ad una distanza doppia di un'altra, il suono diventa quattro volte meno forte, *tutte cose eguali*. Io distinguo queste parole, perocchè molte cause possono influire sulla intensità del suono, e prima di tutto, la densità dell'aria. Voi sapete che sotto la macchina pneumatica, un suono non s'ode più quando viene fatto il vuoto. Quando si lascia entrare un po' d'aria, il suono si comunica tanto presto che se ve n'avesse molta, ma egli è indebolito d'assai. A misura che l'aria si condensa, esso diviene più forte: e se si fa entrare nell'apparecchio gaz carbonico invece d'aria, il suono è più intenso, perchè la densità del gaz è maggiore. La voce s'ode molto lontano nelle regioni polari ove l'aria è assai più densa: sulla cima del monte Bianco all'opposto un colpo di pistola è poco sensibile. Voi spiegherete dunque bene come accade, che i suoni si intendano più da lunge in gelicidio forte e secco, che non per

un tempo umido, e meglio la notte che il giorno, anche ne' paesi caldi, dove tutto è in riposo quando v'ha il sole, mentre la notte è il tempo del movimento e del fracasso.

Il vento ha un'assai grande influenza sull'intensità del suono. Par certo, secondo Derham, che la calma sia preferibile ad un favorevole vento. L'effetto del vento, in ogni caso, non è calcolabile se non per grandi distanze, cento metri per esempio. A questa distanza, il suono è più forte col vento che contro di esso; e l'effetto è molto più pronunziato pei suoni deboli che pei suoni gagliardi. I suoni gagliardi s'odono altrettanto bene in una direzione perpendicolare al vento che nella direzione sua stessa: ciò non avviene de' suoni deboli. È il risultato delle sperienze di Delaroche e Dunal.

MARIA. Non mi stupisco più se l'orecchio trova tanta differenza fra i differenti colpi di martello d'una campana quando il vento è ineguale o turbinoso.

ALBERTO. In tubi, il suono dovrebbe correre nel miglior modo del mondo senza perdere di sua forza.

MORIZIO. Gli è ciò che accade. Biot che ebbe l'occasione di fare alcune sperienze sur un tubo di quasi un quarto di lega (951^m), intendeva benissimo all'estremità di esso tubo l'aria d'un clarinetto che si suonava dall'altro capo. Ulteriori sperienze provano che il tubo non ha nulla bi-

sogno d'essere retto per condurre i suoni: una specie di grondaia non chiusa basta a quest'uopo. Un pozzo, all'imboccatura del quale voi parlate, riflette la voce con una grande intensità, perchè le pareti non lasciano nulla perdere. Su queste sperienze si fondano due strumenti, i quali hanno la loro utilità propria: il corno acostico e la tromba parlante. Il primo ha un'apertura fatta ad imbuto per raccogliere i suoni e dirigerli verso il timpano da un'apertura più piccola: il secondo fa l'effetto contrario. I suoni emessi da una piccola apertura escono per ispandersi lontano dall'apertura più larga.

Diciamo ora qualche cosa del suono musicale.

Se voi presentate ad una ruota dentata una carta od altro corpo duro flessibile, ciaschedun dente produrrà; percuotendo questo corpo, un suono che voi distinguerete benissimo, se la ruota non giri troppo in fretta. Se passa una trentina di denti ogni secondo, il suono prodotto da ciascheduno di loro si confonderà coi suoni vicini, ed otterrete così un suono continuo. Non v'è mai accaduto di menare un bastone pel lungo d'un'inferriata correndo più o meno velocemente, e produrre così un suono più o meno acuto, più o meno puro? Questa serie di suoni isolati che si confondono quando si conseguitano con rapidità, formano il suono musicale. Vi sarà facile assicurarvi che la *gravità* o l'*acutezza* del suono totale dipende dalla velocità con cui si

succedono i suoni parziali, vale a dire della velocità delle vibrazioni.

Se voi pizzicate una corda tesa, la corda d'un arco per esempio, e che la tiriate vivamente per abbandonarla a se medesima, ella riprenderà il primiero suo stato, vibrando più o meno presto, secondo che ella sarà più o meno tirata: e s'ella lo sia abbastanza per fare una trentina di vibrazioni *1 per secondo, darà un suono musicale altrettanto più acuto, quanto più considerevole sarà il numero delle vibrazioni in un dato tempo.

V'ha due mezzi di rendere le vibrazioni più vive.

ALBERTO. Il primio è senza dubbio quello di tirare la corda. Gli è ciò che si fa tutto giorno per accordare il violino, la chitarra e via.

MARIA. Il secondo consiste sicuramente nel raccorciare la corda, perocchè sul violino e sulla chitarra i suoni divengono tanto più acuti, quanto più o meno si stringe la corda contro il manico dello strumento.

MORIZIO. Di fatto si cambia la gravità del suono con questi due mezzi d'accrescerne la velocità.

ALBERTO. Pizzicando più o meno la corda per

*1 Dicesi *vibrazione* il movimento dell'andare e venire della corda: l'*oscillazione* è la metà di questo movimento. L'*ampiezza* è la larghezza del ventre descritto dalla corda che vibra. La curva che forma il ventre si chiama *trocoide*: le sue estremità che sono fisse prendono il nome di nodi. Saremo sobrii di queste espressioni tecniche, eccetto la prima: occorre tuttavia conoscerle.

farla vibrare, si dovrebbe accrescere la velocità delle vibrazioni; per conseguenza si dovrebbe cambiare il suono.

MORIZIO. Pizzicando più forte, la corda s'allontana di più vibrando: allora l'ampiezza della vibrazione è maggiore: la corda dee fare maggior cammino per compiere una vibrazione intiera; ma perchè ella conservi la medesima lunghezza e la medesima tensione, il numero delle vibrazioni compite in un secondo è lo stesso. La forza di vibrazione influisce sulla intensità del suono, perchè una massa maggiore o minore d'aria trovasi percossa: ecco tutto. Sovvenitevi che per la corda tesa, come pel pendolo che già esaminammo, le oscillazioni sono tutte isocrone. (Tempo eguale, eguale durata).

MARIA. Debb'essere molto difficile contare il numero di vibrazioni che si fanno in un secondo.

MORIZIO. Il ragionamento solo può condurvi. Vi si può giungere per egual modo col mezzo della ruota dentata; ma amo meglio dirvi una parola delle sperienze di Mersenne a questo proposito: elleno sono conchiudentissime. Mersenne tese con un peso di 35 libbre una corda di canape di 90 piedi di lunghezza sur una linea di diametro: ella faceva 4 vibrazioni per secondo. Un ponticello fu posto nel mezzo, e ciascheduna metà faceva 8 vibrazioni nello stesso tempo. Un filo di rame di 138 piedi dava una vibrazione per secondo; il terzo ne dava tre. Estendendo per

analogia questi risultamenti a tutte le vibrazioni, ne conchiuse che ad eguale tensione il numero delle vibrazioni è in *ragione inversa* della lunghezza *1.

La potenza di tensione può sperimentarsi nel modo medesimo. Mersenne ottenne 5 vibrazioni per secondo da una corda di 15 piedi tesa per 4' e 1/2; ma fu costretto a tenderla con un peso di 18 libbre per avere 10 vibrazioni. Gl'importò un peso 9 volte maggiore per un numero triplo di vibrazioni.

ALBERTO. Bisognerebbe sapere se questa legge è generale: perocchè infin dei conti voi ci avete detto che una corda non è sonora quando non fa trenta vibrazioni per secondo, ed io non potrei contarne tante in questo tempo.

MORIZIO. Siete molto difficile voi: ma voglio soddisfarvi, perocchè avete ragione di esserlo. Convien essere sobrii d'analogie, ed esigere prove dirette. Voi distinguete benissimo duesuoni eguali, n'è vero? Dunque tendete due corde all'*unissono* col mezzo di due pesi conosciuti; poi

*1 Sia dunque N e N' il numero delle vibrazioni di due corde; L e L' la loro lunghezza; si avrà la proporzione:

$$N : N' :: L' : L.$$

Se si conosce il numero di vibrazioni N per una lunghezza L , sarà facile conoscere, sia N' sia L' , purchè una di queste due quantità sia cognita. In virtù della legge delle proporzioni che vuole l'eguaglianza dei due rapporti,

si ha $\frac{N}{N'} = \frac{L'}{L}$; d'onde si ricava $N' = \frac{NL}{L'}$ e $L' = \frac{NL}{N}$.

mettete un ponticello sotto la metà dell'una, e quadruplicate il peso che tende l'altra: voi avrete ancora l'*unissono* e, cosa notevole, questo unissono sarà esattamente l'*ottava* del primo. È ciò che avremmo dovuto conchiudere dal numero di vibrazioni contate come fece Mersenne. La legge è dunque generale, e noi possiamo affermare il numero delle vibrazioni, benchè non possiamo contarle.

Per renderci ragione del suono, non basta tener conto della *lunghezza* della corda e della sua *tensione*. Importa paragonare due corde ineguali in *peso*.

MARIA. Le corde più pesanti debbono avere un suono più grave, perocchè debbono vibrare più lentamente.

ALBERTO. È dunque per questo motivo che si rotola un filo di metallo intorno a certe corde, e che queste corde danno sempre i suoni più bassi, più gravi?....

MORIZIO. Appunto. Ogni cosa eguale d'altronde, una corda attorniata da un filo di platino (il più pesante dei metalli) vibrerà più lentamente o darà suoni più gravi che una egual corda ad egual filo d'oro. La corda a filo d'oro sarà più grave che quella a filo d'argento, e così di seguito. La legge è la stessa pel peso delle corde e per la loro tensione.

MARIA. Ciò debb'essere: perocchè il peso della corda è un contrappeso a quello che debbe tenderla.

ALBERTO. Così una corda quattro volte più leggera d'un'altra farà due volte più di vibrazioni. Una corda nove volte più pesante ne farà tre volte meno.

MORIZIO. Precisamente. Voi comprendete ora tutta l'economia del suono negli strumenti a corda.

ALBERTO. Una cosa che non capisco ancora, è l'azione dell'archetto sul violino. L'archetto fa vibrare la corda, mentre il mio dito ne arresta la vibrazione.

MORIZIO. Il vostro dito tocca la corda d'un modo continuo, ecco ciò che le impedisce di vibrare. L'archetto al contrario la *gratta* per così dire, o, se volete, la *raschia*. Esso affetta la corda con una moltitudine di piccoli urti che la perturbano, se questo movimento viene impresso irregolarmente, pesantemente e via; da una mano inesperta, il risultato è sgradevole, qualunque sia l'aggiustatezza dei suoni. Se al contrario il movimento di tutti questi piccoli urti è perfettamente regolare e concorde sempre col perturbamento comunicato una volta, i suoni sono puri e gradevoli all'orecchio. Voi vedete che l'elasticità particolare del crine, la sua tensione, la resina (colofonia) con cui si strofina e simili, debbono contribuire a questo effetto dandogli qualità particolari.

Ora voi siete in grado di comprendere ciò che io debbo dirvi dell'armonia fisica dei suoni.

I suoni musicali si compongono d'una serie

d'ottave, che riproducono gli stessi suoni con un numero moltiplicato di vibrazioni. Poco fa v'ho detto che, se due corde vibrano all'unissono, si poteva ottenere ancora l'unissono separando l'una in due parti eguali col mezzo d'un ponticello, e quadruplicando il peso dell'altra. Ho aggiunto che questo novello suono era l'ottava del primo. È quest'ultimo che, dietro all'unissono, soddisfa maggiormente l'orecchio. Non è egli permesso di credere, che il rapporto semplice il quale esiste fra le vibrazioni sia la causa del piacere che si prova, quando noi notiamo che l'unissono delle due corde è prodotto da un numero eguale di vibrazioni, che nell'ottavo una delle corde dà esattamente due vibrazioni contro una?

Se noi teniamo dietro a quest'idea e cerchiamo col cavalletto le lunghezze di corda necessarie per dare successivamente tutte le note della scala naturale e il numero delle vibrazioni che ne risulta, noi troviamo :

Scala,		ut	re	mi	fa	sol	la	si	ut.
Lungh ^a delle corde,	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$	
N° di vibrazioni,	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	

Qual è fra queste note quella che, dopo l'ottava, dia il rapporto più semplice di vibrazioni? È il sol. La sua corda rappresenta i due terzi della corda di ut: essa fa tre vibrazioni mentre che l'altra ne fa due. L'orecchio comprende facilmente questo rapporto: per esso, v'ha *accordo*, e non un accordo così perfetto come l'accordo

dell'ottava ; ma un accordo tale, che tutte le vibrazioni della corda più lunga cadono colle vibrazioni della piccola. Solo ve n'ha una della piccola fra le due. Ecco l'accordo di *quinta* (della quinta nota).

Il *fa* dà quattro vibrazioni contro tre dell'*ut*: è un rapporto anch'esso assai semplice, che l'orecchio comprende facilmente (accordo di quarta).

Il *mi* ne dà cinque quando l'*ut* ne dà quattro: è un rapporto meno soddisfacente degli altri (terza).

Il *la* dà cinque vibrazioni contro tre (sesta).

La seconda e la settima date da *re* e da *si* sono affatto sgradevoli all'orecchio a motivo dell'ineguaglianza troppo grande di rapporto fra le vibrazioni.

V'hanno relazioni armoniche fra i suoni che determinano la formazione naturale della scala diatonica. La discussione di questo fatto ci condurrebbe troppo lungi, e ci allontanerebbe dal nostro scopo: accetteremo dunque la scala come ve l'ho presentata. Questa scala si riproduce d'ottava in ottava fra i due limiti quasi impercettibili del suono. Tutti gli strumenti e le voci non hanno tutti i tuoni della scala diatonica. Il più esteso dopo l'organo è il piano-forte. L'*ut* della prima ottava del piano a sei ottave o ut_1 dà 65 vibrazioni e mezzo per secondo: se ne ammettono 64 in numeri rotondi per la comodità del calcolo. Ut_2 ne darà 128; ut_3 256 e via. Ut_7 ,

il più acuto dei suoni percettibili, ne dà 4096. Erard ha costruito dei piani a sette ottave che hanno un *ut* a 32 vibrazioni. È l'*ut* il più grave possibile, benchè si abbia potuto rendere percettibili i suoni d'una corda che non dava se non una ventina di vibrazioni. L'*ut* dei piani d'Erard a sette ottave debbe portare il nome di ut_0 . I piani a sei ottave e mezzo danno $fa_0 = 43$ vibrazioni.

L'organo importa tutti i suoni percettibili con una moltitudine di sonorità differenti. — La corda filata del violino dà sol_2 e via.

Se voi esprimete il seguito delle note della scala diatonica coi numeri più semplici possibili, avrete la seguente serie:

ut_1 ut_2 ut_3 ut_4 ut_5 ut_6 e così procedendo.
 1 2 4 8 16 32

Le note intermediarie sono rappresentate in questa serie da cifre intermediarie giusta le relazioni che noi abbiamo stabilite. V'avranno note più considerevoli che le altre: sono quelle che verranno rappresentate, o di cui l'ottava verrà presentata dai numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5 e via.

2 è l'ottava di 1; è l'accordo più perfetto.

3 è affetto a sol_2 come potete calcolare voi medesimi (accordo di quinta).

4 è l'ottava di ut_2 .

5 è affetto a mi_3 (terza di ut_2).

6 è sol_3 .

Voi non avrete più meraviglia che le note ut, mi, sol, le quali rappresentano i numeri più semplici delle vibrazioni e le loro coincidenze più spesse, formino ciò che dicesi l'accordo perfetto.

Gli orecchi esercitati percevano benissimo, facendo vibrare una corda ut 1, i suoni 2, 3, 4 e 5, i quali risultano da una serie di vibrazioni secondarie che si fanno nel tempo medesimo della vibrazione principale *1. Sono questi i suoni armonici.

La serie delle note, l'espressione di scala applicata alla solfa, debbono indicarvi bastevolmente l'idea d'intervallo, benchè questo vocabolo non appaia dovere applicarsi che alle *distanze* le quali separano gli oggetti.

L'intervallo più facile a comprendersi è l'*ottava*; l'intervallo che separa *ut* da *re* è assai maggiore. Non v'ha intervallo fra due note al-

*1 Niente di più facile che ottenere sur una corda più parti vibranti. Ponete al terzo di questa corda un ponticello che la tocchi appena, e passate l'archetto su questo primo terzo: la corda vibrerà in tre parti, avendovi un nodo al ponticello e un nodo all'altro terzo. La corda darà la nota 3, vale a dire sol 2. I nodi resteranno immobili, come si può vedere con un piccolo pezzo di carta. La vibrazione al contrario farà saltare la carta ai punti intermedi. Ponendo il ponticello al quarto e simili, s'otterranno effetti analoghi: anche il dito può sostituire il ponticello. I suoni armonici che s'odono colla nota principale, risultano da vibrazioni parziali che si stabiliscono da se medesime.

l'unissono. Si può dunque definire l'intervallo in fisica musicale: il rapporto fra due note, rapporto che può fissarsi facilmente, sia dal numero delle vibrazioni, sia dalla lunghezza delle corde.

Queste due misure ci daranno i rapporti seguenti per gli intervalli tra le note della scala.

Da *ut* a *re* $9/8$ (A).

Da *re* a *mi* $10/9$ (B).

Da *mi* a *fa* $16/15$

Da *fa* a *sol* $9/8$ (A).

Da *sol* a *la* $10/9$ (B).

Da *la* a *si* $9/8$ (A).

Da *si* a *ut* $16/15$

Questi intervalli non sono tutti eguali, come vedete sulla tavola che io ve ne presento. Il rapporto di 16 a 15 è assai più piccolo che non il rapporto di 10 a 9, e questo più piccolo di 9 a 8.

Gl'intervalli più grandi (A) si dicono toni maggiori;

Gl'intervalli (B) diconsi toni minori *1;

Gli altri s'appellano semi-toni maggiori *2.

Se voi trascurate la distinzione in tono mag-

*1 La differenza fra un tono maggiore ed uno minore è di $1/80$ ovvero 0,22; si trascura il più delle volte. Essa dicesi *comma*.

*2 Un tono minore si divide esattamente in un semi-tono maggiore $16/15$ e un semi-tono minore $25/24$.

giore e tono minore, troverete che la scala è formata di due parti separate tutte simili, o piuttosto unite da un tono:

ut re mi fa

1 1 1/2 tra *fa* e *sol* un tono.

sol la si ut

1 1 1/2.

Nella pratica, si potrebbe dunque prendere una di queste due parti per l'altra, e cantare *sol la si ut* invece di *ut re mi fa*; ma farebbe duopo una modificazione alla scala di sol, se si volesse farla intiera, come è facile vederlo paragonando:

ut re mi fa—sol la si ut

1 1 1,2 1 1 1 1,2.

sol la si ut—re mi fa sol

1 1 1,2 1 1 1 1,2

Si vede che l'ultimo semi-tono trovasi spostato. Il *fa* dovrebb'essere elevato d'un semi-tono per ristabilire l'ordine. S'esprime in musica questo elevamento col segno \sharp (diesis). Dimodochè la serie *re, mi, fa \sharp , sol* è uguale all'altra.

Se si parte da questa seconda serie per cominciare una nuova scala, importerà elevare l'*ut* come fu elevato il *fa*.

Così per avere il valore di:

ut re mi fa—sol la si ut

1 1 1/2 1 1 1 1/2

si scriverà: re mi \sharp fa sol—la si \sharp ut re.

Dicesi dunque che la scala di *sol* ha un diesis alla chiave; la scala di *re* ne ha due. La scala di *la* ne avrebbe un nuovo sul *sol*, la scala di *mi* uno di più sul *re*.

Proviamo la scala di *fa*:

fa	sol	la	si—ut	re	mā	fa
1	1	1	1/2	1	1	1/2.

Qui si scopre un altro inconveniente: il *si* è troppo alto d'un semi-tono; conviene abbassarlo. Ciò s'indica col segno *b* (bemolle).

ALBERTO. A che serve questa varietà? Tutto ciò in ultima analisi è la stessa cosa.

MORIZIO. Se non si trattasse che d'un canto ad una voce, ciò, senza dubbio, importerebbe poco: ma se si tratta di combinare effetti di strumenti diversi, il musico è costretto indicare a questi strumenti, di cui la portata è sempre la stessa, i suoni per cui eglino debbono rendere tale o tal altra modulazione. L'uso dei diesis e dei bemolli è in musica frequentissimo, secondo l'idea che il compositore ha dovuto esprimere.

I toni non si dividono in semi-toni eguali, e a tutto rigore il *re* diesis non è la medesima cosa che il *mi* bemolle. Ma se si può tener conto di questa differenza negli strumenti a suono variabile, si è costretti a trascurarla negli strumenti a suono fisso, com'è il piano.

Così s'eleva un po' più il *re*[#] e s'abbassa il *mi*_b, perchè questi due suoni possano confondersi. Gli è ciò che dicesi *temperamento*. L'orecchio passa sopra a questa alterazione quando ella è debole *1.

*1 Dividendo l'ottava in dodici parti siccome ha proposto *Lambert*, s'ha la differenza seguente tra la scala vera e la temperata.

	ut	re	mi	fa	sol	la	si	ut
Scala vera.	0	2,04	3,86	4,98	7,02	8,84	10,88	12
Scala temperata.	0	2	4	5	7	9	11	12



TRATTENIMENTO OTTAVO.

Produzione del suono. — Vibrazione dei corpi sonori. —
 Onde sonore. — Strumenti di musica. — Voce umana.
 — Udito, orecchio.

Noi abbiamo fin qui studiata la vibrazione delle corde; ma esse non sono i soli corpi che abbiano la proprietà di vibrare. La maggior parte dei solidi e dei liquidi possono anche produrre un suono colle loro vibrazioni.

ALBERTO. Gli è ciò ch'io diceva. Ecco una spilla ch'io tengo fra i denti; io la faccio vibrare benissimo col mio dito: ella produce un suono.

MORIZIO. Le vibrazioni dei tronchi seguono leggi precisamente contrarie a quelle che reggono le vibrazioni delle corde: perocchè per quelli le vibrazioni aumentano in ragione dello spessore, mentrechè le corde più grosse sono quelle che vibrano più lentamente.

MARIA. La cosa è semplice: i tronchi più spessi sono i meno flessibili; la loro elasticità è più dura; epperò le vibrazioni debbono essere più vive e più corte.

ALBERTO. Si fanno eglino de' strumenti con de' tronchi?

MORIZIO. Voi ne conoscete molti: e, per esempio, ecco il mio orologio di ripetizione che voi esaminaste già più d'una volta. Il martello batte

le ore sur un piccolo tronco d'acciaio fisso ad un capo, e del resto isolato perfettamente.

Voi conoscete le scatole, le tabacchiere e simili a musica: gli è lo stesso preciso sistema. Alcune punte fisse sur un cilindro posto in movimento da una molla, levano piccoli martelli che ricadono percuotendo piccoli tronchi, di cui le dimensioni determinano il suono. L'armonica è formata di lame di vetro posantisi sui fili, che si fanno vibrare con un martellino di sughero. Il *cochléon*, o viola di ferro, è formato di tronchi fissi sur una scatola sonora che dà alle note una intensità grande. Si fanno vibrare i tronchi con un archetto.

MARIA. V'ha ancora il diapason di cui uno si serve per accordare gli strumenti. Esso si fa vibrare passando un pezzo di ferro fra i due branchi d'acciaio che lo compongono.

ALBERTO. È vero. Ho notato inoltre che il diapason, il quale solo non ha un suono troppo intenso, s'ode benissimo se si posi il piccolo manico dello strumento sur una tavola mentre vibra. Perchè ciò?

MORIZIO. Il movimento vibratorio dei corpi non si comunica solo all'aria; esso si comunica a tutti i corpi che possono vibrare. Per una disposizione conveniente, questi ultimi danno al suono una intensità grande. Il suono della corda del violino sarebbe assai poca cosa, se questo suono non fosse, per dir così, gonfiato dalla sca-

tola che entra in vibrazione con tutta l'aria da essa contenuta. Non avete voi notato nel pianoforte di vostra madre una grande tavola d'abete sottilissima, che dicesi tavola d'armonia? Questa tavola non ha altro impiego.

I corpi che non hanno così altre vibrazioni che d'imprestito, ripetendo esattamente le vibrazioni ch'eglino ricevono, seguono esattamente l'unissono. Il suono del diapason è più intenso, ma non è cambiato quando si posa il manico sur un corpo sonoro: è la legge d'emissione. Ma i corpi seguono un'altra legge, la legge di direzione. Così voi siete certi che il tal corpo sonoro vibrerà sempre nel senso del corpo che lo farà vibrare *1.

I tronchi ed anche le piastre che si fanno vibrare, presentano, come le corde, de' nodi, i quali mostrano che la vibrazione s'effettua nel modo medesimo. Prendete una piastra omogenea, d'uno spessore uniforme, questa lama quadrata di vetro per esempio, e pizzicatela nel suo mezzo. Dopo d'aver seminata di sabbia la sua

*1 Barry appoggiandosi su questa legge, che due corde tese all'unissono vibrano entrambe quando si tocca una di loro, ha dato un mezzo d'accordare la chitarra senza avere la menoma idea d'accordo. Così la 3^a corda dando il *sol*, la 2^a debbe dare un *si*. Per farle rendere questo suono, vi si collocherà di sopra a cavallo un piccolo pezzo di carta. Facendo rendere un *si* dalla corda *sol*, la corda *si* vibrerà da sè, e farà saltare la carta, quando sarà giusta, pizzicando la corda *sol* così elevata.

superficie, se noi diamo un colpo d'archetto uno verso degli angoli, le vibrazioni che la lastra darà respingeranno la sabbia su due linee, in modo da formare quattro quadrati ben distinti. Il suono prodotto è il più grave che possa venir reso dalla piastra. Il colpo d'archetto sul mezzo di una delle sue parti respinge la sabbia in diagonale, e la piastra dà la *quinta* del primo suono.

MARIA. È appunto il primo accordo, senza contare l'ottava e l'unissono.

MORIZIO. Si possono avere benissimo altri suoni da una medesima piastra, pizzicandola su tale o tal altro punto; ma io non mi estenderò più oltre sur una materia che non ha immediata applicazione *1.

Le campane vibrano come farebbero tanti anelli sovrapposti, legati uno sull'altro. Se volete vederne l'effetto, preghiamo il giardiniere d'imprestarci un momento questa campana da meloni, che andremo a sospendere al primo traverso che ci viene tra mani. Volete voi assicurarvi ch'ella vibra schiacciandosi in un senso e allungandosi nell'altro alternativamente? Prendete ognuno di voi una bacchetta di ferro che le avvicinerete pian piano in due sensi differenti. Se voi non cadete su qualche nodo dove il movimento è nullo, verrà un istante in cui la campana,

*1 Possono collocarsi nel numero delle piastre vibranti i timballi, i tamburi, le nacchere e via.

che vi pare immobile, percuoterà a colpi precipitatissimi contro il ferro. Se voi non trovate bacchette di ferro, prendete una biglia che sospenderete in guisa da toccare le pareti della campana.

ALBERTO. Ecco quante sperienze io aveva sotto la mano senza accorgermene.

MORIZIO. Voi potreste sostituire alla campana un bicchiere a piedestallo pieno a metà d'acqua, contro l'orlo del quale passereste l'archetto. Il movimento dell'acqua v'avrebbe indicato i nodi e i ventri. Qui voi potreste anche sostituire all'archetto il dito immollato, che voi menereste lungo l'orlo. Il bicchiere parlerebbe egualmente, ma il movimento dell'acqua v'insegnerebbe i nodi cambiando costantemente di posto *1.

MARIA. L'acqua vibra dunque anch'ella come i solidi?

MORIZIO. A più forte ragione, perocchè ella non ha la rigidezza dei solidi. Le vibrazioni dei solidi si comunicano all'acqua, che segue l'impulso dato. Ma è tempo di occuparci delle vibrazioni dell'aria negli strumenti a vento.

*1 I tronchi possono vibrare tanto nel senso della lunghezza quanto in quello dello spessore. S'eccitano d'ordinario le vibrazioni longitudinali d'un tronco, fissandolo ad un punto e strofinandolo per la sua lunghezza con un panno immollato. Il punto fisso debb'essere un nodo, e per conseguenza una parte aliquota esatta del tronco.

Che il vento produca de' suoni percuotendo contro i corpi, voi certo non ne dubitate: voi l'udite sibilare troppo bene, nell'inverno soprattutto, contro gli angoli dei muri e fra i rami degli alberi. Il piffero e lo zuffoletto sono strumenti assai comuni perchè non li conosciate: il rumore della stufa non ha altra causa che la colonna d'aria, la quale viene a rompersi contro una piccola apertura.

Quando voi soffiate in una chiave forata, voi rompete una colonna d'aria contro l'orlo di questa chiave medesima. Il suonatore di flauto rompe egli pure una colonna d'aria contro l'apertura del suo strumento.

Talvolta l'aria si rompe contro un ostacolo mobile: è il caso degli strumenti a *linguetta*. La linguetta del fagotto, dell'oboè e simili, è formata di lamine di canna elasticissime, le quali vibrano quando si soffia. La linguetta del clarino non ha che un orlo mobile. Le labbra servono di linguetta per la tromba, il corno e via. Gli strumenti ad aria possono dunque essere divisi in due classi, secondo la maniera con cui producono il suono: strumenti ad imboccatura fissa, strumenti ad imboccatura mobile.

MARIA. Abbandoniamo noi adesso la teoria delle vibrazioni?

MORIZIO. Lunge da ciò. L'imboccatura fissa o mobile ha per iscopo di rompere la colonna d'aria per determinare le vibrazioni che si eseguono

nel tubo d'una forma svariaticissima, secondo le leggi che noi precedentemente studiammo. Entriamo in questa chiesa: noi saliremo all'organo, dove io potrò meglio farvi comprendere la tessitura di questo meraviglioso strumento.

Voi non vedete al di fuori che un numero piccolissimo di tubi relativamente a quanti lo strumento ne contiene. Ve n'ha per imitare tutte le sonorità imitabili, dal rumor sordo del tuono fino alla voce umana. Ciascheduna sonorità ha la sua serie di scala, secondo la portata che le è conveniente: ciascheduna scala, come sapete, racchiude le sette note primitive, e le cinque note addizionali pei diesis ed i bemolli: in tutto, dodici note per ogni scala.

Ciaschedun tubo dà un suono solo, e tutti i tubi della sonorità medesima sono piantati sur una cassa in cui viene dapprima l'aria del mantice. Ogni tubo è inoltre turato da una valvola.

Quando i mantici soffiano e l'organista è al suo posto, quest'ultimo tira a dritta e a sinistra della tastiera *1, davanti a cui è seduto, de' tronchi o registri, i quali lasciano subito penetrare l'aria dei mantici nella cassa su cui sono fissi i tubi del tal genere (flauti, trombette, clarini, fagotti e via). Quando l'aria ha libero accesso nelle casse, basta sollevare l'animella che tura

*1 Dicesi tastiera nel piano, nell'organo, i tasti d'avorio su cui s'appoggiano le dita per produrre un suono.

ciascun tubo per farlo *parlare*: a ciò si perviene per mezzo di leve attaccate alle tastiere. Gli organi, secondo la loro portata, hanno due, tre, o quattro tastiere. Il *positivo*, piccolo organetto anteriore, ha la sua tastiera speciale. Una gran parte dell'organetto maggiore ha un'altra tastiera, che si può tirare alcun poco sulla prima, dimodochè premendo sur un tasto, s'abbassa nel tempo stesso l'altro tasto corrispondente. Un tasto, l'*ut* per esempio, può far alzare la leva che comanda a tutti gli *ut* della medesima ottava di tal sistema: e se il vento viene alle casse rispettive, tutti gli *ut* parleranno. Le tastiere sono ordinate una sull'altra nel mezzo dell'organo fra i due organetti. I mantici, che sono spesso al numero di dieci o dodici, sono collocati in qualunque siasi luogo: il loro vento è condotto da tubi adatti nell'interno degli organetti.

Ora che voi sapete come gli organisti fanno parlare i tubi, esaminiamo ciò che è necessario perchè questi tubi diano una conveniente nota.

Se sono ad imboccatura fissa, hanno un becco molto simile al becco del soffietto. L'aria viene per la parte più pontuta del tubo, ed esce da un'apertura che voi vedete un po' più alto su tutti i tubi esteriori, dopo essere stata trattenuta da un fondo collocato trasversalmente, il quale non le lascia che il posto necessario per andare a precipitarsi contro l'orlo un po' rientrante, formato dal foro esteriore del tubo.

FIGURA 22.

Se i tubi sono a linguetta, la loro imboccatura è semplicissima. L'aria viene dal piede B nella cassa C, e non ha altra uscita che dal punto *b*, lasciategli libera da una linguetta metallica. La mancanza d'equilibrio dell'aria nel tubo A e nella parte C, fa vibrare velocissimamente la linguetta, che non lascia entrar l'aria se non a tratti.

Ma, che l'aria si rompa contro una lama fissa od una mobile, è duopo ch'ella renda il suono voluto col mezzo di convenienti vibrazioni. Voi indovinate già, non è egli vero, che il tubo ha per iscopo d'impedire all'aria di perdersi, e costringerla a fare le sue vibrazioni come una corda od un tronco in uno spazio dato. Voi ne conchiuderete, che la scelta della materia del tubo è del tutto secondaria per la gravità o l'acutezza del suono. Sono dunque le vibrazioni sole che importa esaminare.

ALBERTO. Eccoci di ritorno.

MORIZIO. Supponiamo dapprincipio il tubo chiuso nell'alto. È cosa evidente che l'aria uscita dal mantice si precipiterà al fondo del tubo, vi si condenserà tosto, e ripercuoterà per così dire, in virtù della sua elasticità, al di fuori del tubo. È una vibrazione longitudinale di cui il nodo è al fondo del tubo e il ventre all'orifizio.

Questi rimbalzi formati dalle *onde*, ch'io direi quasi flutti del suono, debbono determinare l'altezza dei tubi.

MARIA. Mi pare ch'io penerei molto a dedurre questa conseguenza.

MORIZIO. Se voi m'avete ben compreso, sarà cosa facile. Se le vibrazioni che danno l'*ut* ch'io cerco sono di 32 per secondo, conviene che in un secondo entrino ed escano dal tubo 32 onde sonore come quelle che io v'ho descritte. Ora, siccome il suono percorre 333 metri per secondo, importerà che il tubo abbia una lunghezza tale, che 32 volte il doppio di questa lunghezza faccia 333 metri. Dico il *doppio*, perocchè ciascuna onda sonora è costretta a fare, per ire al fondo e ritornare all'orifizio, due volte la lunghezza del tubo. L'operazione dà 5 metri $\frac{1}{4}$. Il tubo chiuso che darà questo *ut* sarà dunque di 5^m $\frac{1}{4}$.

ALBERTO. Importa probabilmente che le onde non si confondano all'orifizio del tubo, e che la seconda non venga se non quando la prima è uscita.

MORIZIO. Gli è quello che accade di fatto, senza di cui il tubo parla male o non parla. È vero che le cose non si passano ordinariamente in un modo così semplice. Le vibrazioni si frazionano qui, come nelle corde, in parti aliquote.

Se si costringe l'aria nel tubo come avviene in un gran numero di strumenti ad aria, s'otterrà un numero triplo di variazioni, perchè il *tronco d'aria vibrante* si divide esattamente in tre parti

vibranti all'unissono. Se si costringe inoltre, si ha un novello suono assai più acuto: il tronco vibrante è diviso in cinque parti. Che accade egli se io sturo il tubo? Il suono fondamentale ch'egli darà, è l'*ut* all'ottava.

MARIA. Di fatto, l'onda sonora non avendo a rifare il cammino per uscire dal tubo, uscirà più presto. Si farà dunque il doppio di vibrazioni in un secondo: appunto l'ottava.

ALBERTO. Ciò che non mi par chiaro abbastanza è il gioco degli strumenti che hanno più buchi, come i flauti ed altri.

MORIZIO. Quando questi buchi sono turati, un flauto è un tubo in cui si fanno vibrazioni sonore di tale lunghezza. Se voi aprite un foro od una parte qualunque di questo tubo, importerà dapprincipio ch'egli cada in un punto in cui romperà la disposizione dei nodi e dei ventri, vale a dire sur un nodo, laddove la condensazione è maggiore, e dove per conseguenza un'apertura debbe ristabilire l'equilibrio. Importerà in seguito che questo foro divida il tubo in parti aliquote tali, che il numero delle vibrazioni sia esattamente quello che corrisponde alla nota voluta.

Se volete divertirvi a far qualche saggio, prendete un tubo chiuso per un capo, in cui soffierete come in una chiave forata. Lo riempirete successivamente d'acqua per un quarto, per un terzo e simili, affine di giudicare i suoni che dovrete ottenere.

ALBERTO. I glouglou d'una bottiglia, che danno un suono più acuto o più grave secondo che ella si riempie o si vuota, debbono fare una esperienza tutta nuova.

MORIZIO. Senza dubbio. Gli è dappertutto ed ognora l'applicazione dei principii medesimi.

Il primo di tutti gli strumenti ad aria è la *voce umana*, la quale si modifica in modo così maraviglioso secondo le circostanze. Ella può venire assomigliata agli strumenti a linguetta. I polmoni sono il soffietto che scaccia l'aria attraverso un condotto (la trachea), per cui quest'aria viene a rompersi contro due ligamenti, fra i quali non esiste che una fessura (la glotta). Il gioco dei muscoli contrae più o meno questi ligamenti, li ravvicina più o meno; mentre che altri muscoli modificano l'apertura della bocca per farne un tubo adatto al tale o tal altro suono. È l'esercizio che apprende ai muscoli il modo di eseguire questi movimenti più o meno facili, o svariati.

Per rendersi conto dell'effetto dell'apparecchio vocale in genere, si prese la strozza di un porco; si adattò ad un soffietto; e mantenendo più o meno rigidi i labbri della glotta, s'è giunti a tirarne de' suoni molto consimili ai grugniti di questo animale quand'è vivo.

Si cercò d'imitare non solo i suoni della voce umana, ciò che l'organo fa assai bene, ma ancora la sua sonorità e le sue articolazioni. I saggi fatti fin qui sono poco soddisfacenti, convien

dirlo. Importa tanta pazienza per ottenere qualche cosa di passabile in questo genere, che vi si è rinunziato generalmente.

ALBERTO. Il famoso automa di Vaucanson pronunziava, cred'io, qualche parola: *scaccematto* *1 per esempio.

MARIA. È ben certo che il suono della voce umana proviene da ciò che dicesi glotta? Pare che non possa pigliarsi sul fatto la parola, perchè quando si può fare esperienze sull'apparecchio vocale, l'uomo più non esiste e non può più emettere de' suoni. Se si fosse giunti a far parlare un cadavere, sostituendo un soffietto al gioco dei polmoni, sarebbe vinta la causa: ma da ciò che s'ottiene da una membrana distaccata dalla strozza d'un porco, un grugnito più o meno forte, non si può conchiudere essersi realmente trovato l'organo della voce. D'altronde, ponendo la *linguetta* della voce umana alla glotta, il tubo non è lungo.

MORIZIO. L'organo della voce è collocato necessariamente dove vi dissi; ma quando trovasi una piaga al di sotto di questo piccolo apparecchio, la voce è perduta, a meno che i labbri di questa piaga non siano affatto vicini. Se la piaga fu fatta al di sopra della strozza, la voce sussiste senza passare per la bocca. È dunque là che si forma la voce: e all'uopo il gioco solo dei muscoli basta per indicarlo.

*1 Espressione usata nel giuoco degli scacchi.

La vostra ultima osservazione mi dà il destro di completare ciò che vi ho detto dei tubi. Un tubo di cinque metri ed un quarto, chiuso, dà il suono più basso possibile, ovvero *ut*₀. Ora, le diverse voci umane sono lunge dall'aver questa nota. Elleno si tengono, per le voci degli uomini, fra *sol*₁ e *fa*₃; e per le voci delle donne fra *re*₃ e *la*₄. Per emettere adunque i suoni più bassi, la bocca è quasi chiusa. Così i musicisti moderni hanno eliminato dal loro *soffeggio* il nome della nota *ut*, perchè la pronuncia dell'*u*, costringendo a contrarre i muscoli, non è favorevole all'emissione del suono. Si sostituisce all'*ut* la sillaba *do*: si dice dunque *do re mi fa sol la si do*.

Questa considerazione non è la sola. Ciò che noi dicemmo dei tubi, si applica ai tubi resistenti. Quando i tubi sono formati di membrane elastiche, le quali cedono alla pressione, le vibrazioni trovansi ritardate, e il suono per conseguenza diviene più grave. L'esperienza prova inoltre, che un suono diviene più grave quando il tubo si dilata. Ciò che dicemmo dei tubi d'organo non s'applica dunque ai tubi d'altra forma *1. Si notò di fatto, che un tubo cilindrico di quattro pollici

*1 Le stesse sperienze si fanno tutto dì dai fabbricatori d'organi. Per accordare i loro tubi, allargano l'estremità di quelli che sono aperti con un cono metallico adatto. Se sono troppo bassi, ridonano ai tubi la forma cilindrica. Hanno pure dei tubi di cui eglino chiudono più o meno l'orifizio.

e mezzo di lunghezza sur un diametro di sei linee, dando mille duecento vibrazioni; non ne darà più che mille se si dilati in guisa da dargli due pollici d'orifizio. Si ridurrà a cinquecento dodici o all'ottava al di sotto chiudendo una parte della base.

Il tubo vocale degli uccelli è lunghissimo, perocchè la strozza è collocata nel petto, in modo che ha la lunghezza del collo. V'ha presso gli uccelli che cantano, al di sopra della strozza, una membrana che chiude incompletamente il tubo vocale. Questo piccolo chiudente ha per iscopo di dare maggior varietà ai suoni. S'è osservato di fatto, che allorquando si applica della *cartapecora*, membrana finissima, all'orifizio d'un tubo, si fa variare il suono di esso tubo secondo che la cartapecora viene tesa.

ALBERTO. Vorrei sapere come il suono formato dall'aria in certe condizioni è da noi percepito.

MORIZIO. I suoni giungono al nostro cervello per mezzo del nervo uditivo, di cui l'estremità s'apre in un piccolo serbatoio liquido, al quale le vibrazioni dell'aria debbono comunicarsi. Questo apparecchio è collocato al fondo dell'orecchio.

Non ho bisogno di descrivervi la parte esterna dell'orecchio: ciò che dicesi volgarmente l'orecchio è un *padiglione* che ha per iscopo di dirigere le onde sonore verso il condotto che le trasmette al nervo uditivo. Più il padiglione è grande e in

forma di ventaglio, migliore è desso, ogni cosa d'altronde eguale.

ALBERTO. Le belle orecchie, che sono le più piccole e le meglio collocate contro la testa, non sono dunque le migliori?

MORIZIO. No certo. Tuttavia non conviene dare a questa parte maggiore importanza che non merita. In capo al condotto trovasi il *timpano*, membrana sottile tesa obbliquamente, contro cui viene a rompersi l'onda sonora. La cassa del tamburo che si trova dietro, ha sette od otto millimetri di profondità sul doppio circa di larghezza. Questa cavità comunica da una parte colla bocca *1: al di là trovansi cavità piene di liquido in cui nuotano i nervi uditivi.

Pare che il timpano abbia per iscopo di modificare la forza delle onde sonore, perchè non percuotano dolorosamente i nervi uditivi che sono trincerati dietro ad esso. Del resto, questa membrana non è necessaria all'udito, perocchè uomini che l'avevano forata non intendevano meno bene. Si forò a bella posta il timpano ad alcuni cani, i quali sentivano egualmente bene dopo l'operazione. Solo i suoni affettavano dolorosamente il nervo uditivo di questi animali per un certo tempo, fino a che l'abitudine l'avesse indurito.

*1 Questa comunicazione colla bocca, è tale che alcuni fumatori possono far uscire dalle loro orecchie il fumo della pipa quando il timpano è forato.

Talvolta, in seguito a malattia, il timpano s'ispessisce e ammortizza troppo le vibrazioni, che non si percepiscono più dal nervo uditivo. Si può allora far forare con successo: il malato ricupererà l'udito.

MARIA. Perchè dunque, quando noi mettiamo il dito nell'orecchio, intendiamo un certo fragor sordo sgradevole?

MORIZIO. Il nostro dito fa allora l'effetto d'uno stantuffo che comprimerebbe l'aria e farebbe piegare al di dentro la membrana del timpano. Una colonna d'aria più condensata pesa allora su questo liquido in cui nuota il nervo.

Voi avrete riso talvolta alle spalle di qualche vecchio, che non poteva ascoltarvi senza tenere aperta la bocca. È un gran torto. Invece di divertirvi della infermità di questi vecchi, avreste fatto meglio a rendervi conto d'una disposizione troppo comune per non essere fondata sulla natura.

MARIA. Credo comprendervi. Il timpano s'ispessisce coll'età, e vibra meno bene. Il nervo non può più essere sufficientemente affetto per questa via. Ma voi ci dicevate or ora che l'orecchio comunica coll'interno della bocca. Gli è dunque per istabilire questa comunicazione, che coloro i quali hanno l'orecchio duro aprono la bocca per meglio intendere.

MORIZIO. Benissimo ciò. Ora prendete una corda, e passatela dentro queste tanagliette. Attortiglia-

tevi intanto i due capi della corda ad un dito di ciascheduna mano, e ponete queste due dita nelle vostre orecchie, facendo vibrare poscia i rami delle tanagliette, non importa come. Le vibrazioni sono troppo poco numerose per essere sonore nell'aria libera; ma queste vibrazioni comunicate direttamente dalla corda e dal dito all'orecchio, danno un suono estremamente grave.

ALBERTO. Crederei sentire qui vicino una campana enorme.

MARIA. Di fatto, le vibrazioni sono per così dire concentrate nell'orecchio: in elleno acquistano intensità.

MORIZIO. Vedete, che quando io v'ho detto che il limite dei suoni percettibili era di circa trentadue vibrazioni, io vi segnalava il fatto più comune piuttostochè un limite incerto. Anche una spilla corta che vibra fra i vostri denti fa più di 4,096 vibrazioni per secondo, limite del suono più acuto. Ma gli è perchè le vibrazioni si trasmettono direttamente al nervo uditivo attraverso i denti, che voi potete percevere un suono così acuto.

ALBERTO. Può dunque sentirsi attraverso i denti?

MORIZIO. Voi lo provate talvolta in un modo sgradevolissimo, quando viene a percuotervi lo stridore d'una lima contro una sega o qualche cosa d'analogo. Voi percevetes allora pei denti

un suono eccessivamente acuto, e dite che questo suono vi *allega* i denti, cioè ch'egli produce vibrazioni così vive, ch'elleno sono spiacevolissime quando non se n'ha l'abitudine.

Colle nozioni che vi ho dato intorno ai suoni, non vi maraviglierete di vedere le differenti sensazioni che fa provare la musica, non vi maraviglierete di vedere che alcune persone vi sono insensibili. V'avrebbe un'altra questione importante a studiarsi, ed è questa: Come avviene egli, che la musica abilmente eseguita ci fa provare sentimenti di gioia, di mestizia e simili? Ciò si riduce a chiedere: Come avviene egli che il nervo uditivo affetta la nostra anima? Ma in faccia a questo principio immateriale e tutto divino, i fisici s'arrestano impotenti. L'anima non è più del loro dominio; perocchè ella non ha un ordinamento simmetrico di molecole più o meno sottili: l'anima è creata ad immagine di Dio, ed è immateriale come lui. Noi conosciamo da' suoi effetti la sua esistenza, ma non la sua natura: il suo modo d'agire sarà sempre un mistero.



TRATTENIMENTO NONO.

Del CALORE. — Sua misura. — Effetti ch'essa produce sui corpi. — Come si propaga; come si produce.

« Nulla di più agevolmente calcolabile quanto le sensazioni di caldo e di freddo; nulla tuttavia di più misterioso che la causa da cui si producono. Così, io non vi ragionerò della causa in se medesima, se non dopo averne sufficientemente studiato gli effetti.

I nostri sensi bastano spesso a farci calcolare la *temperatura* dei corpi, vale a dire lo stato dei corpi considerati come più o meno caldi *1.

Se io tocco col dito l'acqua d'un vaso sul fuoco, la sensazione particolare ch'io provo mi fa giudicare ch'ella è calda: io comprendo facilmente quand'ella lo è più o meno.

Questo mezzo di sperimentare è nullameno assai imperfetto, e i nostri sensi ci ingannano stranamente qualche volta: voi medesimi lo ve-

*1 Distinguete bene la *temperatura* dal *calore* e dal *calorico*; il calorico è la causa, qualunque essa siasi, della sensazione di caldo; il calore è l'effetto immediato di questa causa. La temperatura è lo stato d'un corpo che risente questo effetto. Nel linguaggio ordinario, si confondono codeste espressioni, che un fisico debbe saper distinguere: prima di finire questo capitolo, noi vedremo ciò che questo linguaggio può avere d'inesatto, cercando di scoprire la natura del calore.

drete. Questa grotta è meno esposta che le stanze superiori ai movimenti dell'aria e del calore. La sua temperatura varia pochissimo : s'ella fosse un po' più profonda e ben chiusa, ella non varierebbe del tutto, e lo proveremo. Bene: ella ci par calda all'inverno e fredda all'estate. Gli è perchè l'aria è più calda di lei nell'estate e più fredda nell'inverno.

MARIA. È cosa straordinaria che il freddo ci colpisca entrandovi e ci faccia male durante la state.

MORIZIO. Voi non vi credete capace, Maria, d'un giudizio così falso. Ecco un'esperienza la quale vi proverà che voi lo siete. Prendo un bicchiere d'acqua calda ed uno d'acqua fredda: mescolo una parte di ciascheduno in un terzo bicchiere. Ponete, vi prego, un dito della mano diritta nell'acqua fredda, e nell'acqua calda un dito della mano sinistra. Lasciateli prendere bene la temperatura dell'acqua. Ora mettete il dito della mano sinistra nel bicchiere di mezzo che contiene la mistura. Come la trovate voi?

MARIA. Un po' fredda.

MORIZIO. Vedete se l'altro dito che sta ancora nell'acqua fredda è del medesimo avviso. Ponetelo a sua volta nel bicchiere della mistura, che vi dice egli?

MARIA. Egli dice che l'acqua è un po' calda.

ALBERTO. Hanno ragione tutti e due: tutto pare contraddirsi. Il primo dice, che la mistura è un

po' più fredda che il bicchiere caldo: il secondo, che è un po' più calda che il bicchiere freddo.

MORIZIO. Le sensazioni che noi proviamo sono dunque relative ad una sensazione precedente, e non hanno niente d'assoluto. Questa varietà vi renderà meno paradossale il principio ammesso da tutti i fisici: il freddo non è che la privazione d'una certa quantità di calore: o in altri termini, un corpo è tanto più freddo quanto meno elevata è la sua *temperatura*.

Si dovette cercare un mezzo regolare d'indicare la temperatura dei corpi. Voi ne conoscete uno....

ALBERTO. Sì, il termometro. È, come il *barometro*, un tubo con entrovi del mercurio.

MORIZIO. Il termometro è assai differente dal *barometro*. Esso è formato di un tubo capillare in fondo a cui v'ha un serbatoio chiuso. Sapete che il serbatoio del *barometro* è aperto, e l'aria col suo peso fa salire la colonna di mercurio. Nel termometro l'aria non ha alcuna influenza, il tubo è perfettamente vuoto d'aria e chiuso. Le indicazioni del termometro sono fondate su questo principio, che i corpi si dilatano pel calore d'un modo sensibilmente uniforme. Così, quando si scalda il serbatoio d'un termometro, si vede salire sensibilmente il mercurio.

Troverete su tutti i termometri una graduazione, di cui importa dire qualche parola. I gradi segnati hanno per iscopo di determinare facilmente l'altezza a cui giunge il mercurio in diffe-

renti circostanze. Ma importa, per ricavarne qualche vantaggio, che i gradi di tutti i strumenti della medesima natura siano paragonabili. Ora, l'osservazione ha permesso di fissare facilmente due punti principali della scala: il punto del ghiaccio fondente, e il punto d'ebullizione dell'acqua. Il ghiaccio fonde sempre alla stessa temperatura, come è facile convincersene: e finchè resta del ghiaccio in un vaso ov'esso fonde, la temperatura non cambia, anche in presenza d'un fuoco ardente: il calore non serve che ad accelerare la fusione. L'acqua bolle pur essa ad una temperatura sempre eguale quando è pura e sottomessa alla pressione medesima. Finchè ella non è del tutto ridotta in vapori, la temperatura non cambia. Il calore impiegato non fa che accelerare l'evaporizzazione.

È dunque facile segnare sul tronco del termometro queste due temperature fisse immobilmente. Quindi si divide in un certo numero di gradi lo spazio compreso fra i due punti.

Prima dell'uso del sistema metrico, impiegavasi generalmente il *termometro di Réamur*, in cui l'intervallo fra l'acqua bollente ed il ghiaccio si divide in 80 gradi: oggi i nuovi termometri si dividono in 100 gradi e si dicono *termometri centigradi*. Molti portano sur una doppia scala le due divisioni. Il *termometro di Fahrenheit*, adottato in Inghilterra, non ha per punto di partenza segnato 0 la temperatura del ghiaccio fondente;

ma sibbene la temperatura data da una mistura di certe proporzioni di neve e di sale. La temperatura del ghiaccio fondente è segnata 32° nella scala di Fahrenheit, e quella dell'acqua bollente, 212° ; d'onde conseguita, che le due temperature normali sono divise in 80 gradi nella scala Réaumur, in 100° nella scala centigrada, e in 180° nella scala inglese *1.

MARIA. Ho veduto dei termometri rossi assai più visibili dei termometri a mercurio, e più belli ancora.

MORIZIO. I termometri a mercurio sono preferibili, perchè il calore si comunica più presto a questo metallo che allo spirito di vino colorato, il quale compone i termometri da voi veduti. Del resto, siccome pressochè tutti i corpi si dilatano più o meno al calore, tutti possono servire a indicar la temperatura. È la dilatazione dell'aria che si scelse dapprincipio a quest'uopo. Drebbel aveva preso una boccia a lungo collo che capovolve nell'acqua. Il calore faceva sortire una certa quantità di bolle d'aria, e l'acqua saliva altrettanto nel collo della boccia quanto quest'ultima si raffreddava. Se l'aria dilatavasi ancora pel calore, faceva di nuovo abbassar l'acqua. La depressione della colonna d'acqua indicava il

*1 Diconsi termometri a *massima* ed a *minima* alcuni termometri che indicano la più alta e la più bassa temperatura, col mezzo di piccole bolle di smalto che il liquido spinge davanti a se stesso.

riscaldamento dell'aria. Il principale difetto di questo termometro, che più non ha uso, consiste nell'influenza dell'atmosfera, che può pesare più o meno sull'acqua e comprimere per conseguenza più o meno l'aria della boccia senza cambiamento di temperatura.

FIGURA 23.

Non s'usa più che un termometro d'aria, conosciuto dai fisici sotto il nome di *termoscopo*. È un tubo ricurvo due volte ad angoli retti e terminato da due bolle. Si fissa sur un piede solido, a cui si aggiunge una scala graduata, a partire dal mezzo dello strumento. Lo spazio segnato 0 è occupato da una goccia liquida colorata; il resto è pieno d'aria. Se una delle bolle si scalda un po' più che l'altra, la goccia liquida è spinta dalla dilatazione della parte opposta: sulla scala si legge lo spazio ch'ella ha percorso. Questo piccolo strumento, d'una sensibilità eccessiva, accusa la più piccola differenza di temperatura fra due oggetti che s'avvicinano alle due bolle. I suoi vantaggi a ciò si restringono.

ALBERTO. Poichè la maggior parte dei corpi si dilatano al calore, dovrebbero tentare di far termometri solidi.

MORIZIO. Se ne fanno di fatto. N'esiste uno, già conosciuto sotto il nome di *pirometro*: egli serve a misurare le alte temperature. Il pirometro è formato di piccoli cilindri di argilla

fabbricati in uno stesso tempo, e d'un piccolo strumento di cui la parte essenziale consiste in due rami disposti come i rami d'un compasso semiaperto. L'argilla prova un attrimento e non una dilatazione al calore: è una eccezione alla regola generale. I cilindri sono dunque altrettanto più corti, quanto furono esposti ad una più alta temperatura. Si presentano all'apertura dei rami; e più rientrano, più sono piccoli, più per conseguenza è alta la temperatura. I gradi del pirometro sono arbitrarii: così il punto di fusione del rame è segnato 27° al pirometro ordinario, il pirometro di Wedgewood. Un grado del pirometro è computato a 72 gradi ordinarii del termometro centigrado: ma questo paragone non merita confidenza. Egli è quasi provato intanto, che le più alte temperature non passano 800 gradi, e le indicazioni del pirometro ne accusano talvolta più di 9000. S'usa a Sèvres ed altrove un pirometro migliore. Esso consiste in una sbarra di ferro appoggiata al fondo dei forni a porcellana in modo invariabile: l'altro capo può maneggiarsi liberamente. Esso porta su di sé un ramo d'una doppia guglia mobile. La sbarra allungandosi, fa muovere questa guglia che segna sur un quadrante lo spazio percorso *1.

*1 Le due guglie sono ineguali, e la più piccola che è spinta dalla sbarra, imbecca con questa sbarra medesima. La lunghezza dell'altra guglia rende più sensibile sul quadrante le minime variazioni.

I termometri metallici fatti convenientemente possono accusare variazioni debolissime di temperatura: tale è il *termometro metallico di Bréguet*; esso consiste in due piccole lamine sottilissime di metallo, di cui la dilatazione è molto ineguale, per esempio, di platino e d'argento. Queste due lamine sono saldate in tutta la loro lunghezza da una terza lamina di dilatazione media, e che tende principalmente ad evitare le stracciate. Queste lamine formeranno allo stato naturale un tronco, di cui tutta una parte sarà più dilatabile che l'altra, e s'allungherà di più al calore. Il calore costringerà il tronco a curvarsi, ad attortigliarsi sopra se medesimo: è l'effetto che si produce sur una lamina di carta che voi presentate al fuoco da una parte, mentre l'altra resta più fredda. La carta s'arriccia rapidamente./

Nella pratica, il tronco termometrico di Bréguet, è contornato a spirale per maggior comodo. Uno dei capi è fisso al centro di un quadrante; l'altro è armato d'una guglia che gira più o meno intorno a questo quadrante, secondo che l'effetto della temperatura è più o meno grande sul tronco.

MARIA. Io conosco ora bene i termometri; ma vorrei sapere come s'impiegano.

MORIZIO. Importa che il termometro sia assai piccolo per rapporto al corpo da provare, perchè la temperatura non si cangi. Importa che la bolla del termometro, o anche il termometro intiero, sia involuppato da questo corpo: importa che il

mercurio resti stazionario nel tubo, affine di poter leggere esattamente il grado segnato: importa infine ripetere la prova su tutte le parti del corpo a sperimentarsi, quando si tema ch'ei non abbia dappertutto la stessa temperatura.

La temperatura dell'acqua bollente pigliasi non dentro all'acqua medesima, ma sibbene alla sua superficie, cioè nel vapore. L'acqua bollente non ha la stessa temperatura a tutte le profondità, siccome potete facilmente assicurarvi. La temperatura d'uno stagno alla superficie misurasi con molta agevolezza, prendendosi cura di non immergervi la holla dello strumento. La temperatura a profondità grandi, si prende involuppando con cera il termometro e lasciandolo un'ora o due alla profondità voluta. La cera si equilibra così lentamente colla temperatura che la circonda; ma per la stessa ragione ella preserva il termometro da ogni cambiamento mentre si ritira dall'acqua.

La temperatura del corpo umano, ad una piccola differenza fra le arterie, le vene e simili, è generalmente di 37° . Si fecero sicure prove su uomini presi a questo effetto. Un termometro collocato sotto la vostra lingua darà la temperatura medesima. Il tessuto muscolare è alcun poco più caldo che non il cellulare: esso può, in tempo di febbre, dar una temperatura di 3° al di sopra della media.

I mammiferi hanno generalmente la temperatura dell'uomo; quella degli uccelli va generalmente fino a 42° . Gli altri animali, siccome i

vegetabili, prendono la temperatura del mezzo in cui si trovano.

La temperatura della terra è variabilissima alla superficie; ma nell'interno questa temperatura è costante. Ad un metro, la temperatura della notte è la stessa che quella del giorno; ad 8^m, la differenza fra l'inverno e la state è tutt'al più ad un grado e mezzo; a 24^m, la differenza delle stagioni è per noi insensibile *1.

Se la temperatura non varia a ciaschedun punto dell'interno della terra, essa varia sensibilmente a profondità diverse. Più si penetra, più s'accresce il calore. Fu trovata una differenza media di un grado per una profondità di 30^m. Venne tratto a termine in Parigi il più profondo dei pozzi artesiani conosciuti: esso ha circa 560^m d'altezza. Si può calcolare a priori la temperatura dell'acqua che esce da questo pozzo. V'ha in questa profondità 18 volte 30^m; sono dunque circa 17 gradi di più che nelle grotte ordinarie di Parigi ove la temperatura si mantiene ad 11°. L'acqua debbe dunque uscire dal pozzo alla temperatura di 28° circa. Gli è ciò che l'esperienza prova in effetto *2.

*1 Le grotte dell'osservatorio di Parigi hanno 28^m di profondità; la temperatura vi è costantemente di 11 gradi. Nella zona torrida, il termometro posto ad un piede sotterra, in luogo costantemente ombreggiato, non varia per nulla.

*2 La sorgente più calda del mondo conosciuto è quella di *Las Trincheras* (Venezuela), 96° 6. In Europa, le sorgenti più calde sono quelle di *Chaudes-Aigues* (diparti-

La temperatura del mare non oltrepassa i 30° sotto l'equatore. Verso i 50° di latitudine, essa comincia a gelare lungo le coste; verso i 70, trovansi ghiacci galleggianti; ad 80, i ghiacci sono fissi.

La temperatura delle terre è variabilissima alla superficie, secondo la latitudine, l'altezza e l'esposizione. A latitudine ed esposizione eguali, i luoghi elevati sono ¹più freddi: alcune montagne rimangono sempre coperte di neve ¹. Gay-Lussac, in un viaggio nel pallone aereostatico, ha osservato che il termometro abbassavasi di un grado a 170^m d'elevazione. Poisson pensa che lo spazio in cui si move la terra ha una temperatura di —13°, benchè questa temperatura fosse creduta precedentemente —60° da un altro fisico.

Il calore è più forte in Africa che in ogni altro luogo: esso sale fino a 40° nell'ombra. Il freddo più intenso osservato fin qui è di —56°. A Parigi, la temperatura varia fra 38° 4 (8 luglio 1793) e —23°, 5 (25 gennaio 1795). La temperatura media, dietro a 29 anni d'osservazioni fatte da Bouvard, è di 10° 82.

mento di Cantal): essa segna 80°, e 60° quella d'Acqui (stati Sardi). Queste tre sorgenti non paiono subire l'influenza volcanica, nè altra azione chimica.

*1 Altezza delle nevi fisse a certi punti, al di sopra del livello dei mari:

Zona torrida	4,800 ^m
Pirenei	2,700
Alpi	2,000
Laponia	0,950

I luoghi che hanno una temperatura media, non sono alla stessa latitudine. Se si riuniscono da una linea tracciata sul globo, trovasi, è ben vero, che la prima di tutte, quella di 27° 5, si confonde coll'equatore: ma le altre se ne allontanano irregolarmente: così elleno passano più al nord nel mezzo dei continenti, e più al sud alle rive dei mari. Si conchiuse dunque che, a latitudine eguale, l'interno della terra è più caldo alla vicinanza dei mari.

Alcuni fatti assai bene conosciuti vengono a corroborare queste osservazioni. Tracciate sur una carta d'Italia il limite di coltura della vigna, del grano, dell'olio; voi troverete una linea più elevata verso l'est (continente), che non verso l'ovest (oceano).

V'ha qualche interesse a conoscere le differenze medie di temperatura fra l'inverno e la state. Ogni variazione a noi è penosa, perchè ella disordina le nostre abitudini. Ecco alcune temperature medie.

TEMPERATURA MEDIA

	latitudine	d'inverno	d'estate	dell'anno
Petroburgo,	59,56	— 8,3	+ 16,7	+ 3,8
Copenaghen,	55,41	+ 0,7	17,0	7,6
Ginevra,	46,12	1,5	18,3	9,6
Parigi,	48,50	3,7	18,1	10,8
Roma,	41,53	7,7	24,0	15,8
Algeri,	36,48	16,4	26,8	21,1
Cumana,	10,27	26,8	28,7	27,7

Al polo, secondo Arago, la temperatura media è — 25'.

Dietro il calcolo di Laplace, la temperatura media del globo non ha diminuito di un centesimo di grado da 2000 anni. Questo raffreddamento, dic'egli, avrebbe raccorciato d'un diecimillesimo il raggio della terra: la velocità della rotazione si sarebbe aumentata d'un cinquantesimo di minuto secondo; il giorno sarebbe dunque più corto oggi che all'epoca delle osservazioni astronomiche di Ipparco, perocchè le rivoluzioni degli astri non avrebbero avuto a quest'epoca la stessa misura che a' dì nostri. Le nostre osservazioni e i nostri calcoli sono tuttavia perfettamente identici; per conseguenza la velocità di rotazione è la medesima; per conseguenza ancora, la terra non si è contratta: dunque ella non venne a raffreddarsi.

Io non debbo qui svilupparvi più oltre questo astronomico ragionamento, un po' difficile forse a comprendere, ma che importerebbe indicarvi chiaramente. Ritorniamo alle nostre sperienze sulla temperatura dei corpi.

L'esame che noi facemmo delle diverse specie di termometri, prova assai bene che i corpi si dilatano d'ordinario a motivo del calore, quantunque l'argilla ci abbia somministrato una eccezione.

ALBERTO. Noi vedemmo che i corpi si allungano; gli è forse in danno della larghezza?

MORIZIO. Non tutt'affatto: eglino bensì s'allungano; ma il loro volume tutt'intiero subisce la

medesima alterazione. Ecco un anello di ferro ed una piccola palla dello stesso metallo. La palla passa liberamente nell'anello: la sua misura è quasi perfettamente esatta. Io scaldo questa palla per alcuni istanti: ed ecco ch'essa non passa più nell'anello, qualunque sia la cura ch'io mi prendo di girarla in tutte le direzioni: ella è dunque cresciuta di volume. Perchè vi passi novellamente, importa ch'io la lasci raffreddare, o scaldi del paro l'anello.

MARIA. Questa cognizione può essere utile qualche volta.

MORIZIO. Essa è di una importanza estrema nelle arti, senza parlarvi dei termometri di cui vi è già manifesto il vantaggio. Citiamo altri esempi. Ecco un'ampolla da cui ho provato indarno di togliere il turacciolo di cristallo, il quale piuttosto di cedere si romperebbe. Scaldo alcuna po' bruscamente il collo di quest'ampolla: esso s'allarga per la dilatazione prima che il turacciolo si scaldi esso pure: ed ecco che il turacciolo stesso esce senza fatica. Se l'ampolla avesse contenuto un siroppo il quale avesse lasciato nel collo un deposito, alcuni piccoli colpi sulla testa del turacciolo avrebbero finito di staccarlo.

Abbiamo veduto precedentemente, che la maggior parte degli orologi erano armati d'un compensatore. Senza questo mezzo eglino sarebbero molto irregolari, perocchè una piccolissima dif-

ferenza di lunghezza influisce moltissimo sulle oscillazioni del pendolo. Ecco come si evita questo ostacolo, mantenendo sempre la lente del pendolo all'altezza medesima.

Il tronco è armato alla sua parte inferiore d'una piastra di un metallo scelto. Questo tronco e la piastra s'allungano a motivo del calore: epperò non vi s'attacca immediatamente la lente, ma si fissa alla parte inferiore della piastra una piastra novella d'un altro metallo. Quest'ultima piastra fissata pel di sotto s'allunga ver'l'alto; s'ella è metà più dilatabile che la prima, basta ch'ella occupi la metà del pendolo, perchè la dilatazione ver'l'alto compensi la dilatazione verso il basso. Si moltiplicano d'altronde le piastre per quanto abbisogna. La lente attaccata all'ultima resta sempre all'altezza medesima: e per conseguenza le oscillazioni più non variano.

Voi vedete questa coperta di terruzza fabbricata di zinco. Lo zinco è il più dilatabile dei metalli; così egli non si fissa in tutti i punti. S'incrociano invece una nell'altra, col mezzo d'un cercine fatto espressamente, le piastre del metallo: altrimenti le mutazioni di temperatura farebbero cedere i chiodi.

ALBERTO. Il metallo non potrebb'egli venir fissato abbastanza solidamente perchè i chiodi non debbano cedere?

MORIZIO. Allora finirebbe per cedere il metallo stesso.

MARIA. E se si facesse dilatare lo zinco, quando si pone in opera, ad una temperatura eguale a quella cui può essere esposto?

MORIZIO. Contraendosi, non avrà lo zinco meno forza che dilatandosi. V'ho già addotto uno sperimento notevole fatto da Molard al conservatorio delle arti e mestieri. Due mura troppo cariche essendosi spostate dal loro appiombo, Molard fece traversare la fabbrica con sbarre di ferro, ch'egli attaccò pei due capi al di fuori col mezzo di chiocciolate opportune. Le chiocciolate essendo fissate, si scaldarono le sbarre che sensibilmente s'allungarono. Le chiocciolate furono tosto serrate con forza, e fu così impossibile alle sbarre di contrarsi liberamente. Però la violenza della contrazione fu cosiffatta, che le sbarre trassero seco le mura malgrado l'enorme loro carico, e poco a poco le riposero al luogo di prima. Se la resistenza delle mura non avesse potuto vincersi dalla contrazione, le sbarre sarebbero state rotte. Questo effetto è dunque importante a studiarsi quando si suggellano de' metalli. Importa lasciar loro abbastanza di spazio perchè non si frangano.

Quando si fa scaldare un vaso, di cui non è molta la tenacità e male conduce il calore, conviensi usare assai precauzione perchè non venga a rompersi. Una pentola di terra scaldata bruscamente ed inegualmente subito si fende: una boccia di vetro debb'essere pure scaldata a gradi

ed egualmente perchè resti intatta. Se è troppo spesso, il calore si comunica con lentezza ed ineguaglianza : si rompe la pentola. Se poi non sia d'eguale spessore, v'ha puranco ripartizione ineguale di calorico, e per conseguenza di dilatazione; epperò si frange. Il carbone che s'accende sur un fornello, scoppietta e si fende, fino a che sia tutt'affatto riscaldato: un bastone di zolfo che si tiene in mano, produce l'effetto medesimo. Questi corpi sono poco tenaci e cattivi conduttori del calorico.

La dilatazione dei liquidi e dei gaz dà luogo a movimenti o correnti che voi avete forse notato nell'acqua che si scalda, soprattutto se voi vi avete aggiunto un po' di polve. Una parte sale, ed è quella che resta scaldata: l'altra parte discende per porsi al suo luogo.

MARIA. Perchè dunque l'acqua calda tende ella ad alzarsi?

MORIZIO. Perchè si dilata.

Un centimetro d'acqua calda pesa meno che un centimetro d'acqua fredda, poichè l'acqua scaldandosi cresce di volume. Essa debbe dunque galleggiare, per dir così, sull'acqua fredda. Il movimento che voi notate nella massa liquida non ha dunque altro scopo che di mettere a suo luogo ciascheduna molecola d'acqua più o meno calda.

MARIA. È qui, ben lo veggo, la cagione della differenza di movimento che s'osserva quando si scalda un vaso pel di sotto o da una parte.

ALBERTO. Se si scaldasse un vaso pel di sopra, non bollirebbe egli dunque?

MORIZIO. L'acqua svaporerebbe senza ebullizione: perocchè non v'avrebbe spostamento di molecole.

Voi avete conchiuso da quanto vi ho detto, che l'acqua calda è ognor più leggera della fredda: io debbo aggiungere fino a $+4^{\circ}$. L'acqua raffreddata al di sopra di questo punto si dilata novellemente, forse perchè le sue molecole simmetricamente si dispongono per prendere lo stato solido ch'ella affetta giungendo a 0° . Ciò spiega un fenomeno assai curioso che si produce quando i ghiacci fondono. Formansi in una massa di ghiaccio fori profondissimi ed angustissimi, dovuti ad una piccola quantità d'acqua che si scalda ai raggi del sole. Pare che questi fori debbano allargarsi altrettanto più quanto più si approfondiscono; ma pensandovi sopra, vedrete che i raggi del sole, scaldando la superficie dell'acqua, la costringono a contrarsi fino a 4° . A misura ch'ella si contrae, l'acqua diviene più pesante, e si stabilisce così necessariamente una corrente d'acqua che discende, quantunque più calda, e d'acqua più fredda che sale. L'azione è assai meno rapida sugli orli del ghiaccio che nel mezzo. Questo movimento favorisce molto la fondita dei ghiacci e delle nevi. Altrimenti il più leggero strato d'acqua arresterebbe lungo tempo la loro liquefazione, perocchè conduce malissimo il ca-

lore. Racchiudendo del ghiaccio pesto in un tubo se voi ne sottoponete la metà superiore alla fiamma di una candela, avrete il tempo di farla bollire prima che il ghiaccio si disgeli al fondo del tubo.

Vedemmo nel termometro di Drebhel e nel termoscopio alcuni esempi della dilatazione dei gaz; ne vedremo tosto un altro studiando le macchine a vapore *1.

La dilatazione prova che il calore nei corpi diminuisce l'attrazione molecolare, o aumenta la ripulsione che in parte la distrugge: la fusione dei solidi lo prova ancor meglio. È a credere

*1 Noi non entreremo nei particolari dei metodi impiegati per misurare le distillazioni dei liquidi, dei solidi e dei gaz. I migliori sono dovuti a Dulong, Petit, Gay-Lussac, Borda ed altri. Ecco i principali risultati che si ottennero:

Tutti i gaz si dilatano egualmente ad una stessa temperatura.

La loro dilatazione assoluta fra 0° e 100° è di 0,375 del loro volume.

La dilatazione assoluta del mercurio è 0,018

DILATAZIONE APPARENTE DEI LIQUIDI NEL VETRO

Mercurio	0,0154
Acqua	0,0433
— satura di sale.	0,05
Essenza di terebintina	0,07
Olio d'olive	0,08
Alcool	0,11

che niun solido reggerà all'azione dal calore: tuttavolta non s'è ancora giunti a fondere il carbone perfettamente puro, di cui la cristallizzazione produrrebbe il diamante*1. La temperatura ordinaria fonde il ghiaccio; il burro ed il sego fondono a 32°, lo zolfo a 109°, il piombo a 322°. Il platino ed alcuni altri metalli resistono al più violento fuoco di fucina, come pure la selce e

DILATAZIONE LINEARE DI ALCUNI SOLIDI

(espressa in milionesimi della lunghezza).

Tubi di vetro.	860	Zinco martellato . . .	3108
Platino	884	Cemento romano. . .	1430
Acciaio.	1078	Marmo bianco	1100
Ferro	1182	Granito rosso.	897
Oro ricotto.	1513	Marmo di Carrara . .	848
Rame rosso.	1718	Pietra di Saint-Leu. .	649
Bronze	1816	Mattone.	550
Rame giallo	1869	— refrattario. . .	493
Argento.	1909	Terra di pipa olandese	457
Stagno	2173	Pietra di Vernon-sur-	
Piombo.	2848	Seine	430
Zinco	2942		

I gaz liquefatti si dilatano assai, perocchè una colonna d'acido carbonico liquido di 40 centimetri, ha preso una lunghezza di 60 centimetri passando da 0° a 30°. L'acido solforoso è nel caso medesimo.

La dilatazione dei solidi è regolare, dimodochè la loro dilatazione per 1° è il centesimo dell'indicazione portata nel quadro: ma se si eccettui il mercurio, i liquidi si dilatano irregolarmente.

*1 Veggansi i nostri *Trattenimenti sulla Chimica*, Vol. I, pag. 70 e seg.

l'allumina pura: si fondono collo specchio ustorio o col cannello *1.

I corpi ripigliano lo stato solido quando si privano del calorico che loro è necessario per conservare lo stato liquido. Togliamo all'acqua una certa quantità del suo calore, e produrremo artificialmente del ghiaccio. La solidificazione dei corpi ha luogo al grado medesimo della loro fusione: nullameno s'osservano considerevoli eccezioni. Così l'acqua perfettamente pura al coperto dall'aria discenderà fino a -5° almeno senza congelarsi. In tubi stretti in cui non può stabilirsi una corrente, l'acqua non si congela a molti gradi al di sotto dello zero. Buon numero di piante sono nel caso medesimo. Ricoprite l'acqua d'uno strato d'olio, e la manterrete liquido fino a -11° .

È vero che il più piccolo urto basta allora per determinare la formazione del ghiaccio, ed è perchè viene così favorita la disposizione che hanno le molecole dell'acqua a prendere l'ordine

***1 PUNTI DI FUSIONE DE' DIFFERENTI CORPI.**

Olio d'olive . . .	+ 4 ^o centigr.	Piombo .	322 ^o centigr.
Burro	32	Zinco . .	374
Fosforo	43	Argento .	20 ^o del pirometro
Bianco di balena	45	Rame . .	27
Cera	68	Oro . . .	32
Lega fusibile .	94	Acciaio .	130
Zolfo	109	Ferro . .	158
Stagno	228	Cromo . .	170

simmetrico che costituisce la loro solidificazione. Al momento in cui l'urto ha luogo, il termometro ridiscende immediatamente a 0°, perchè il calore che le parti ghiacciate sono costrette ad abbandonare si ripartisce sulla massa ancora liquida. Vedremo un po' più sotto che questa quantità di calore abbandonata è considerabile.

ALBERTO. L'acqua dilatasi per passare allo stato solido. Questa dilatazione è ella energica come la dilatazione degli altri corpi? È ella o la violenza del freddo che rompe i vasi?

MORIZIO. È la dilatazione che costringe a rompersi i vasi contenenti de' liquidi: la sua forza è enorme. Hales ne fece prova con una bomba di più d'un pollice di spessore che riempì d'acqua. Turò l'apertura con un turacciolo rattenutovi da gagliarda pressione, e fece gelare il liquido esponendolo ad un freddo artificiale *1 considerabile. Il ghiaccio non aveva ancora tre quarti di pollice di spessore, che la bomba si spaccò in tre parti.

MARIA. Niuna meraviglia adunque, che vasi di cui angusta è l'apertura si rompano ne' gelicidii quando sono ripieni d'acqua.

ALBERTO. Veggo anche perchè il ghiaccio non è eguale, ma forma una gobba alla superficie di questi vasi. Non mi stupirei del paro quando ve-

*1 I mezzi chimici impiegati per produrre artificialmente il ghiaccio, sono numerosi. Noi indicammo con qualche particolare queste curiose sperienze nei nostri *Trattenimenti sulla Chimica*, Vol. I, pag. 26.

dessi vuotare esattamente tutti i tubi de' condotti che non sono abbastanza addentro nella terra, perchè non s'abbiano a temere i gelicidii.

MORIZIO. Non vi parlo della leggerezza specifica che la dilatazione rende al ghiaccio: voi sapete che i massi di ghiaccio galleggiano sull'acqua come il legno. Non vi parlo nemmeno della solidità che il ghiaccio acquista; essa non ha bisogno d'averne un grande spessore per sorreggere carichi pesantissimi nel tragitto d'un gran fiume.

MARIA. Accadono spesso avventure sulle acque ghiacciate che vogliono traversarsi.

MORIZIO. Ciò dipende dalla imprudenza di coloro i quali si pongono in gran numero sur un medesimo ghiaccio. Gli accidenti sono assai meno rari sur un fiume per esempio, che sur uno stagno; la ragione è semplicissima. L'acqua che sorregge il ghiaccio in uno stagno non cambia di livello: questo ghiaccio è una vera zatta, di cui tutte le parti sono sorrette direttamente dall'acqua. Lo stesso non avviene sui fiumi: v'hanno mille ragioni che possono impedire al ghiaccio di gravitare direttamente sull'acqua. Esiste una corrente che può abbassarsi in certe parti: massi di ghiaccio sorvenuti nel tempo della congelazione, hanno potuto sollevare in certi luoghi un monticello di ghiaccio che formavasi ed isolarlo: così si discorra in seguito. Il ghiaccio diviene allora non più una zatta che galleggia, ma una tavola che non s'appoggia se non alle sue estre-

mità e che si rompe quando si sopraccarica. Del resto, la forza del ghiaccio è enorme. Si costrusse nel 1740 un palazzo di ghiaccio a Pietroburgo: sul davanti erano cannoni di ghiaccio d'un decimetro di spessore, i quali caricati di 100 grammi di polvere, slanciavano palle capaci di perforare a 60 passi una tavola di quattro centimetri.

Io non debbo occuparmi dell'uso del ghiaccio nelle arti: esso è tuttavia utile in alcune malattie, e se ne fa un grande consumo nei caffè. Si volle impiegare il freddo per separare l'alcool dal vino. Di fatto, l'alcool non potendo gelare con un freddo anche vivissimo, l'acqua che gela lo lascia libero. Ma questo metodo non risparmia la distillazione.

ALBERTO. Allora, se un bicchiere di vino gela nell'inverno, e si rompa il ghiaccio per estrarne il vino, questo vino debb'egli essere migliore?

MORIZIO. Sì; ma il ghiaccio fonde, e ciò che rimane non ha più alcuna forza *1.

Se la congelazione dell'acqua non ha una grande importanza nelle arti, la sua trasformazione in vapore è uno dei più importanti fenomeni ch'io abbia a spiegarvi.

*1 Ecco i punti di congelazione di qualche sostanza :

Acqua	0°	Di papavero	-18°
Acqua di mare	-2° 5	Di di noce, canapa	-27
Olio di cavol-rapa	-4	Mercurio	-39
— d'oliva, di colza	-6	Acido carbonico	-90
D'amandole dolci	-10		

ALBERTO. Tutti i corpi solidi possono probabilmente fondersi, come ci avete detto: tutti debbono dunque ridursi in vapori o in gaz, non è egli vero?

MORIZIO. Moltissimi corpi possono prendere i tre stati sotto cui contemplammo i corpi in generale: cioè stato solido, stato liquido, stato gassoso. Tutto pare autorizzarci a conchiudere per analogia che gli altri corpi debbono subire la medesima legge: ciò tuttavolta non è che una conghiettura. V'hanno corpi solidi che mai non si fusero; il carbone puro è in questo caso. V'hanno altri solidi che si volatizzano prima di fondere, come l'arsenico: v'hanno liquidi che mai non poterono solidificarsi, come l'alcool, l'etere e via: v'hanno gaz che mai non si liquefecero, come l'ossigene, l'idrogene e così di seguito. Solo, le novelle sperienze fatte dai chimici ci convincono della imperfezione dei nostri mezzi, e ci permettono di credere che se essi fossero più energici, risultati assai più perfetti ne verrebbero.

Chechè ne sia, la maggior parte dei corpi si gassificano col calore: i gaz facilmente riducibili dal freddo ricevono il nome di vapori.

ALBERTO. Il vapore si vede, non è egli vero? **ma** il gaz è invisibile.

MORIZIO. È un errore grave codesta distinzione, troppo comune tuttavvia, fra i gaz ed i vapori. V'hanno de' gaz permanenti che sono colorati; il cloro, per esempio, è giallo verdognolo.

Lo iodo in vapore ha un assai bel colore violaceo: ma il vapor d'acqua è per se stesso senza colore siccome l'aria.

MARIA. Tuttavolta esso è visibilissimo.

MORIZIO. Sì, in un certo stato cui prende sempre il vapore quando è mescolato all'aria. Esso forma allora delle vescichette infinitamente piccole, piene d'aria e simili ad infinitamente piccole bolle di sapone. Questo vapore visibile non è, se così posso esprimermi, che la *spuma del vapore*. Le nebbie ed i nuvoloni sono interamente composti di questo *vapore vescicolare*

La vaporizzazione dei corpi non comincia alla temperatura medesima. L'acido solforico non emette vapori a 0°, perocchè un piccolo pezzo di barite che si colloca al di sopra non è alterato. Il mercurio si volatizza già a 0°, perocchè il suo vapore imbianca in capo a qualche tempo una foglia d'oro che su vi si posa. La canfora alla temperatura ordinaria non impiega molto tempo a sparire: il ghiaccio nei più intensi freddi perde del suo peso. L'odore dei corpi proviene da un cominciamento di volatilizzazione di sottilissime particelle.

La differenza di volatilità delle sostanze è quella che concede il più spesso di dividerle. L'alcool, per esempio, è molto più volatile che non l'acqua. Se mescolo una certa quantità d'alcool all'acqua, non avrò che a scaldare la mistura per evaporizzare l'alcool, mentre l'acqua resterà in gran

parte nel vaso. Questa operazione dicesi distillazione: l'apparecchio piglia nome di *lambicco*.

Il *lambicco* ridotto alla sua più semplice espressione può comporsi semplicissimamente d'una storta, d'un prolungamento e d'un recipiente disposto come qui vedete:

FIGURA 24.

A Storta collocata sul fornello B. Essa racchiude la mistura a distillarsi.

C Prolungamento che permette di condurre il vapore ove si voglia.

D Recipiente che si circonda di acqua fredda spesso rinnovata, o di ghiaccio.

Gli è per la distillazione che s'ottiene l'acqua perfettamente pura. Gli è pure per la distillazione che si cambia il vino in acquavite o l'acquavite in alcool. Le arti hanno per queste trasformazioni de' metodi particolari. Così, si fa scaldare il vino in un primo recipiente: il vapore alcoolico, carico tuttavia d'acqua che se ne fugge, va a scaldare altro vino in bacini poco profondi disposti convenientemente. Il vapore del primo bacino mescolandosi al vino del secondo, ne accresce la forza; il suo vapore meno saturo d'acqua aiuta pure la distillazione del terzo bacino. S'ottiene con questo metodo dell'alcool a tutti i gradi con una sola operazione.



Il vapore si forma istantaneamente nel vuoto. Io prendo un tubo chiuso per un capo, e ne faccio, come vedemmo, una specie di barometro. Se faccio passare una goccia d'acqua nel vuoto che si trova al di sopra del mercurio, essa sparirà tosto.

ALBERTO. È nel tempo stesso una prova che il vapor d'acqua non ha colore, perocchè non si vede.

MARIA. Gli è a credere ch'esso è mescolato al mercurio.

MORIZIO. Sappiamo benissimo che l'acqua ed il mercurio non si confondono: d'altronde è facile vedere che il mercurio si è abbassato: v'ha dunque tuttavia qualche cosa che poco fa era assolutamente vuota.

Se la quantità d'acqua passata fosse troppo grande per la capacità della camera barometrica, ne resterebbe una parte che galleggerebbe sul mercurio senza evaporizzarsi: lo spazio sarebbe allora *saturato*. Se operassimo su diversi liquidi, vedremmo essere necessarie quantità differenti per saturare lo spazio medesimo, e che la depressione del mercurio non è sempre la stessa. La forza di *tensione* è dunque più o meno potente secondo la differenza dei vapori. Per lo stesso vapore, la tensione resta sempre la medesima alla medesima temperatura. Se questo vapore trovasi compresso, si liquefà in parte: ecco tutto. Voi vedete che dei vapori non è lo stesso che

dell'aria, poichè la forza elastica dell'aria aumenta in proporzione della pressione esercitata sovr'essa. È vero che la medesima cosa non succede finchè i vapori non hanno toccato il loro maximum di tensione. Quando la temperatura s'eleva, la forza di tensione è maggiore, perocchè il vapore deprime il mercurio della camera barometrica. Infine viene un punto in cui questa tensione fa equilibrio alla pressione atmosferica: allora la vaporizzazione si fa rapidamente all'aria libera: è il punto d'ebullimento.

La densità dei vapori varia per conseguenza secondo la loro natura, secondo la temperatura e secondo la pressione *1. Se si accresca la temperatura mantenendo la pressione, la densità divenuta maggiore, aumenterà la tensione. Con un vaso molto resistente si giunse a svaporare intieramente dell'acqua in uno spazio quattro volte più grande che quello il quale contiene l'acqua limpida; benchè il vapore d'acqua sotto la pressione atmosferica ordinaria occupa circa 1700 volte lo spazio occupato primitivamente dall'acqua.

*1 Tutte cose eguali, ecco la densità di alcuni vapori, l'aria prendendosi ad unità:

Vapore d'arsenico.	10,65
— di iodo.	8,71
— di mercurio	6,97
— d'etere.	2,58
— d'alcool	1,61
— d'acqua	0,62

Questa enorme tensione è l'effetto su cui sono fondate le macchine a vapore: così i fisici più distinti, Gay-Lussac, Dulong ed altri impiegarono tutte le loro sollecitudini a misurare la forza elastica del vapore d'acqua ad ogni temperatura *1.

ALBERTO. È lungo tempo che io desidero conoscere il meccanismo delle macchine a vapore.

MARIA. Vi ha un gran fornello, grandi caldaie, grandi ruote e moltissime altre cose che nel mio spirito si confondono.

*1 Ecco un'idea dei risultati ottenuti:

a -20° il vapor d'acqua fa equilibrio ad una colonna di 1 ^{mm} 33 di mercurio	
a -10	2 33
a 0	5 06
a 10	9 47
a 20	17 31
a 30	30 64
a 40	53 »
a 50	88 74
a 60	144 66
a 70	229 07
a 80	352 08
a 90	525 28
a 100	760 »

Così la forza del vapore a 100° è la stessa che quella dell'atmosfera: essa fa equilibrio alla stessa colonna di mercurio.

Al di là del punto d'ebullizione, la pressione diviene enorme per un aumento poco importante di temperatura.

Ad 1 atmosfera, la colonna di mercurio è di 0^m76,

MORIZIO. Un po' d'attenzione, e tutto ciò vi sarà reso chiarissimo.

FIGURA 25.

La figura che voi qui vedete vi rappresenta a primo aspetto una ruota che si dice volante, la quale serve a regolare il movimento. Importa studiarsi di far girare questa ruota sul suo asse, e fin qui a ciò non si pervenne con un mezzo economico, e soprattutto con apparecchi solidi, ad un movimento circolare diretto. Ma voi conoscete le rotelle che si fanno girare appoggiando il piede sur una piccola piattaforma, ovvero il movimento delle molle da affilar i coltelli degli aguzzini ambulanti: ecco dunque che voi sapete come un movimento diretto possa produrre un movimento circolare. Supponete qui che il punto E s'elevi per mezzo del gioco d'una leva A E appoggiata sulla colonna T, il braccio E F solleverà

la temperatura di 100°, la pressione è di chil. 1, 033 per centimetro quadrato : l'aumento ha luogo nella proporzione seguente:

Atmosfere.	Altezza della colonna.	Temperatura.	Pressione per cent° quadrato.
1	0m 760	100	1 chil. 033
2	1 52	121,4	2 066
3	2 28	135,1	3 099
4	3 04	145,4	4 132
10	7 60	181,6	10 330
20	15 20	214,7	20 660
30	22 80	236,2	30 990

il punto F, il quale farà l'effetto del manico di una manovella, e così la ruota prenderà il suo giro. Giunto al più alto del suo corso, il ginocchio F sarà respinto dal braccio E F che ridiscende colla leva.

ALBERTO. Ecco dunque un gioco di leva il quale stabilisce la rotazione; ma questo gioco medesimo come viene egli prodotto?

MORIZIO. Eccoci da capo: basta che il punto A sia alternativamente attratto e respinto. Ora, il movimento d'uno stantuffo P porta questo risultato.

FIGURA 26.

Vi presento un modello che ve lo indica racchiuso in un cilindro destinato a contenere il vapore. Quando il vapore affluisce pel di sopra allo stantuffo, lo fa discendere: quando affluisce pel di sotto, lo costringe a salire. Nulla v'ha di più semplice che questo apparecchio. Il vapore viene pel tubo X in uno spazio chiuso, in cui mettono capo tutti gli altri condotti. L'uno di essi, il condotto A, lascia uscire il vapore al di fuori; i due altri lo introducono al di sotto dello stantuffo. Se lo spazio chiuso compreso fra i quattro tubi rimanesse in quello stato, il vapore venendo dal tubo X si spanderebbe indifferentemente dappertutto e non produrrebbe alcun effetto. La scatola in cui vedete metter capo

i tubi non è che l'inviluppo d'un'altra scatola più piccola che non combacia esattamente contro la grande scatola se non dalla parte dei tre tubi. La piccola scatola va e viene ad incastro nella grande col mezzo d'una bacchetta che vedete spuntare sulla figura. Essa è forata in due parti, cui questo movimento pone con vece alterna in faccia a due dei tre tubi. Dapprima, quando la bacchetta è all'alto del suo corso, offre questi due fori al tubo di mezzo e al tubo superiore: il vapore entra dal primo ed esce dal secondo, affine di spandersi sullo stantuffo. L'orifizio del tubo inferiore trovasi allora al di sotto della piccola scatola, e nulla toglie la sua comunicazione con A e coll'esteriore.

ALBERTO. Allora quando la piccola scatola è nel basso del suo corso, contrario è l'effetto. Essa offre i suoi due fori al tubo di mezzo e al tubo inferiore, il vapore entra dall'uno ed esce dall'altro. Il tubo superiore comunica a sua volta pel di sopra della piccola scatola coll'aria esterna.

MORIZIO. Ciò è giustissimo. Vi è dunque facile vedere che, quando il vapore viene sur una parte dello stantuffo e lo comprime, il vapore precedentemente introdotto sull'altra parte s'involava, e la piccola scatola sdruciolando alcun poco, basta a questo cambiamento di direzione.

Io non ho per iscopo di dimostrarvi compiutamente il più interessante problema di meccanica, che il genio dell'uomo abbia saputo inven-

tare: io m'allontanerei di troppo dallo scopo dei nostri Trattenimenti se volessi spiegarvi come i tronchi B C D, diversamente collocati sulla leva della macchina (fig. 25), danno origine ad un movimento particolare, sia pel gioco delle trombe che forniscono l'acqua direttamente alle caldaie, sia pel servizio della macchina.

Non voglio tuttavia passare sotto silenzio un piccolo apparecchio, l'invenzione del quale concede alle macchine di moderare il loro movimento. In un filatoio, cinquanta telai possono venir mossi da una medesima macchina....

MARIA. Sì, col mezzo d'un tamburo su cui sono collocate corde perpetue che si estendono su ciaschedun telaio *1.

MORIZZO. Appunto. Voi vi ricordate che con un dito l'operaio può, facendo deviare la corda, arrestare il suo telaio. In questo caso la macchina può essere scaricata tutto ad un tratto d'un peso enorme. Se la forza è sempre la stessa, il movimento si accelera, la velocità può divenire pericolosa ovvero può nuocere alla perfezione del lavoro. Importa che un uomo attivo vegli senza posa ad evitare un grande inconveniente. Ebbene: la piccola macchina, di cui eccovi un modello, basta a moderare il movimento della macchina intiera.

*1 Veggasi a pag. 112 e seg.

FIGURA 27.

Voi vedete a cavallo del tronco A R una specie di compasso terminato da due bocce B.

Alla sommità A una nocella permette alle bocce di allontanarsi più o meno dal tronco. Queste riposano lungo il tronco quando la macchina è in quiete; ma se si farà muovere, il compasso gira colle sue bocce intorno al tronco medesimo. Allora la forza centrifuga costringe le bocce ad allontanarsi a misura che la velocità è più grande; e il loro spostamento fa salire la ghiera R che tiensi ai due bracci per mezzo dei punti O.

Così, più la macchina gira presto, più le bocce divergono dal centro in virtù della forza centrifuga, e più la ghiera R risale.

Non è difficile cosa dietro a ciò il regolare il movimento della macchina: perocchè questo movimento dipende dalla emissione del vapore. Ora, un rubinetto che si apre più o meno, basta a regolare questa emissione: e se la chiave del rubinetto è legata da una sbarra metallica alla ghiera R, girerà più o meno, somministrando più o meno vapore quando la ghiera salirà più o meno.

Eccovi tutta l'economia di questo piccolo apparecchio così ingegnoso, che io volli farvi conoscere, perchè forma un'applicazione facile a comprendersi di una delle più importanti leggi della fisica.

ALBERTO. Tutte le macchine a vapore si rassomigliano elleno?

MORIZIO. Tutte quelle che agiscono regolarmente a' dì nostri, fatte due altre eccezioni, si rassomigliano in ciò, ch'elleno impiegano il vapore d'acqua a muovere uno stantuffo, di cui il va e viene si converte in rotazione, come già vi ho detto. Ma i particolari variano all'infinito: la maniera stessa d'impiegare il vapore non è sempre la medesima. Così, nella macchina che noi abbiamo descritta, il vapore è impiegato ad alta pressione, vale a dire che si comprime assai al di sopra della temperatura dell'ebullizione perchè la sua forza elastica sia maggiore. Ma talvolta il vapore s'introduce sotto lo stantuffo e lo solleva: poi quand'esso ha prodotto il suo effetto, s'apre una comunicazione con un serbatoio d'acqua fredda, il vapore si condensa immediatamente, ed operandosi un vuoto, lo stantuffo ricade con forza.

MARIA. Questo stantuffo debbe dunque essere pesante?

MORIZIO. Il peso di tutta l'atmosfera gravita sopra esso e il vuoto è al di sotto. Vi ricordate che l'aria pesa quanto una colonna d'acqua di dieci metri d'altezza e della grandezza dello stantuffo?

ALBERTO. È vero, noi già lo vedemmo.

MORIZIO. Qualunque sia il mezzo d'impiegare il vapore, la sua produzione è sempre la stessa,

e per lo studio del calore, gli è particolarmente ciò di cui dobbiamo occuparci.

V'ha per isaldare l'acqua un sistema di fornelli che debbono affettar la caldaia per più lungo tempo possibile. A questo fine s'usano due principali mezzi. La caldaia non è già un semplice recipiente metallico; essa è d'ordinario formata, oltre la caldaia propriamente detta, di due tubi meno grandi che trovansi in tutta la lunghezza del fornello. Il taglio n'è indicato a sinistra e al di sotto della figura 25 : O rappresenta la caldaia per metà piena d'acqua; B, B sono i due bollitoi che stanno nel grembo del focolaio.

Il carbone di terra impiegato a quest'uopo esige una grande quantità d'aria per ardere compiutamente; così per somministrare tiramento ai fornelli, molto si elevano. Avete veduto più d'una volta senza dubbio dei fornelli a vapore.

ALBERTO. Come mai l'altezza del cammino influisce sul tiramento?

MORIZIO. Voi sapete che il calore dilata l'aria: l'aria calda è per conseguenza più leggera, e perciò tende ad elevarsi. Vedemmo lo stesso effetto prodursi sull'acqua. Ora, più la colonna d'aria calda è lunga, più il difetto d'equilibrio è notevole, più cerca a ristabilirsi con energia.

MARIA. Quando l'aria calda s'eleva così per l'alto, convien bene che l'aria esterna rientri pel basso.

MORIZIO. V'hanno altre condizioni per la regolarità del tiramento, ma questa è la principale.

FIGURA 28.

Perchè la fiamma affetti più lungamente le pareti de' bollitoi o della caldaia, si toglie ad essa di elevarsi subitamente, e questa precauzione è in particolar modo necessaria ogniquilvolta il bisogno d'una grande quantità d'aria costringa a dare un tiramento energico. Si divide l'altezza delle parti del fornello in più scompartimenti, cui la fiamma è costretta a percorrere uno dopo l'altro prima di salire nel camino. La figura ve ne somministra una sufficiente idea.

ALBERTO. Ecco dunque tuttociò che occorre per una macchina a vapore: un focolaio, de' bollitoi, de' tubi, uno stantuffo che è mosso dal vapore e che comunica il suo movimento ad una manovella, e di là a tutti gli oggetti che si vogliono muovere.

MORIZIO. Realmente, è qui l'insieme delle principali parti delle macchine: ma se volete averne una meno imperfetta cognizione, importa vedere coi *vostri proprii occhi* e farvi spiegare sulla macchina stessa il gioco delle parti che sconosciute vi sono *1.

*1 Si troverà in tutte le macchine: 1° un galleggiante che regola l'introduzione dell'acqua. L'acqua della caldaia fa salire il galleggiante, il quale fa muovere una leva armata d'un turacciolo per chiudere il tubo di condotto:

MARIA. Si pena a comprendere l'enorme potenza delle macchine a vapore.

MORIZIO. Al punto a cui siamo pervenuti, la forza del vapore non ha più per noi alcun che di meraviglioso. Sapete già che il peso dell'atmosfera è d'un chilogramma e qualche cosa di più per centimetro quadrato. Se dunque uno stantuffo ha una superficie di cento centimetri quadrati, è il quadrato d'un decimetro, e s'esercita su di lui una pressione di cento chilogrammi. Se poi la forza elastica del vapore è di sei o di sette atmosfere, s'ottiene immediatamente una

questo turacciolo si toglie quando il galleggiante s'abbassa: v'ha ognora per conseguenza la quantità d'acqua necessaria. 2° Un manometro per giudicare la pressione. 3° Un registro che chiude una parte del tubo del cammino, per moderare il tiramento quando la macchina procede troppo velocemente. 4° Un volante per regolare il movimento. Il gioco del volante è notevolissimo: è desso una ruota molto pesante che la macchina fa girare. Una massa cosiffatta s'arresta difficilmente quando è in moto: così il movimento trasmesso da quella è regolare, malgrado l'irregolarità che risulta, sia dal gioco alternativo dello stantuffo, sia dal gioco della manovella.

Si può inoltre esaminare il condensatore, la tromba ad aria, la tromba ad acqua fluida che si trovano in tutte le macchine a bassa pressione. Nei battelli a vapore, in cui troppo peserebbe il volante, si è costretti impiegare spessissimo due macchine. I tempi deboli dell'una corrispondono ai tempi forti dell'altra, e regolarizzano il movimento. Sarebbe pure difficile aver de' fornelli in mattone nei battelli a vapore: si colloca il focolaio al centro e s'involuppa co' bollitoi. La combustione

pressione di sei o settecento chilogrammi per decimetro quadrato. Voi vedeste già come si calcola la differenza delle forze: i fatti ci incalzano talmente che non è possibile ritornare su questo proposito *1.

Occorre sempre di paragonare nella pratica la *forza reale* alla *forza utile* delle macchine. La differenza fra queste due forze costituisce la *perdita* dovuta agli attriti e all'imperfezione delle macchine. La teoria indica delle formole di calcolo, le quali somministrano ai meccanici il con-

s'opera meno bene, è vero, ma il peso è molto minore. Si troveranno spesso sui battelli a vapore delle macchine a cilindro oscillante. Il cilindro in cui si muove lo stantuffo è portato da due cardini che posano su cuscinetti laterali. S'evita così l'impiego del bilanciere; il tronco dello stantuffo è legato direttamente alla manovella: il vapore entra dai cardini.

Nelle macchine di Wolf v'hanno due cilindri, di cui uno è assai più largo dell'altro. Il vapore dopo avere agito sul piccolo stantuffo agisce allentandosi sull'altro. Se i due stantuffi fossero eguali, il vapore non produrrebbe alcun effetto: la resistenza e la pressione sarebbero eguali.

Il parallelogramma articolato, appeso al tronco di uno stantuffo nelle macchine a bilanciere, è una invenzione felice dovuta a Watt, come pure la maggior parte dei perfezionamenti delle macchine a vapore. Esso ha per iscopo d'impedire al bilanciere di cambiar la direzione dello stantuffo, di cui il tronco, senza ciò, sarebbe respinto alternativamente a dritta e a manca.

*1 Veggasi a pag. 173 e seg.

fine, che l'imperfezione dei nostri mezzi non può permetterci di oltrepassare. Ma, nella pratica, s'impiega generalmente, per calcolare la forza, l'effetto prodotto in un tempo dato, quando ciò è possibile. Si paragonano inoltre le macchine computando la quantità di carbone ch'elleno consumano per produrre il tale o il tal altro effetto. Concedesi in pratica che le buone macchine ad alta pressione impiegano tre chilogrammi di carbone di terra cadun'ora e caduna forza di cavallo, e le macchine a bassa pressione quattro chilogrammi. Così una macchina a bassa pressione che consumerebbe quaranta chilogrammi di carbone per ora avrebbe la forza di dieci cavalli. Ma questo non è che un calcolo all'ingrosso. Il *freno dinamometrico* di Prony, il quale produce sur un asse girante un attrito che si può calcolare, presenta il miglior mezzo conosciuto di misurare la forza utile delle macchine.

Vedete quale importanza pratica può avere nelle arti la formazione del vapore d'acqua. Esso non s'impiega già solo nelle macchine che noi studiammo. Si fanno col vapore compresso le medesime esperienze che noi facemmo coll'acqua, il vapore, per esempio, che esce da un vaso galleggiante sull'acqua lo fa muovere in senso contrario.

Uno sperimento che può avere più alta importanza si è quello dovuto a Perkins. Si fa scaldare acqua a 40 atmosfere in una caldaia picco-

lissima e assai spessa: il vapore comunica per mezzo di un rubinetto con una canna di fucile appuntata verso un bersaglio. Al di sopra della canna, al luogo ove trovasi ordinariamente il focone, sta una tramoggia piena di palle, che un meccanismo particolare fa cadere una ad una nella canna. La palla così caduta è slanciata immediatamente dalla forza del vapore. Si possono slanciare col metodo di Perkins pressochè cinquecento palle ogni minuto.

ALBERTO. La forza del vapore è ella più grande che non è quella della polvere?

MORIZIO. La polvere non agisce se non quando s'infiama, perchè allora si converte in vapori o in gaz fissi.

I cannoni, fucili, mortai e simili sono dunque vere macchine a vapore. Tutta la differenza consiste in ciò, che la scelta delle materie da convertirsi in vapore non richiede già una caldaia, poichè i gaz si formano istantaneamente al punto stesso in cui s'abbisognano *1.

Io non vi parlo adesso che del vapore consi-

*1 La spiegazione dei curiosi fenomeni che risultano dall'esplosione della polvere sono del dominio della Chimica. (Veggansi i *Trattenimenti sulla Chimica*, vol. II, pag. 143 e seg.).

Vauban, paragonando la forza del vapore a quella della polvere, ha trovato che 140 libbre d'acqua ridotte in vapore, potevano sollevare un peso di 77 mila. Abbisognano, aggiunge egli, quasi 260 libbre di polvere per produrre l'effetto medesimo.

derato siccome forza motrice *1. Esso impiegasi inoltre con vantaggio in certi purghi moderni. Avvece di versar dell'acqua bollente, che tosto si raffredda, nei vasi da lisciva, vi si fa passare del vapore che penetra assai meglio e compie assai più perfettamente lo scopo che uom si propone. Vedremo quanto prima il vapore impiegato a far bollire dell'acqua in vasi di legno o di pietra. Anzitutto voglio dirvi qualche parola del punto d'ebullizione dei liquidi: perocchè a questo punto il vapore si forma in quantità grande.

MARIA. So che l'acqua bolle a 100 gradi, vale a dire quando la tensione del vapore fa equilibrio alla pressione atmosferica.

MORIZIO. Dai vostri detti medesimi voi potete concludere che il punto d'ebullizione dell'acqua non è sempre lo stesso all'aria libera.

ALBERTO. Così sur un'alta montagna, dove la pressione è minore, l'acqua debbe bollire al di sotto di 100 gradi.

*1 S'impiega il vapore in alcuni stabilimenti di bagni d'un modo diretto per far salire l'acqua. Un piccolo serbatoio comunica coll'acqua d'un pozzo per mezzo d'un tubo, e col vapore d'una caldaia per un rubinetto.

Quando s'introduce del vapore in un serbatoio ch'io suppongo pieno d'acqua, il vapore comincia a stendersi scaldando l'acqua. Quando l'acqua è calda, vieppiù si condensa, pesa sull'acqua medesima, e la fa salire per un tubo espressamente disposto. Chiudete il rubinetto, il vapore si condensa più presto pel raffreddamento, e si fa il vuoto che l'acqua del pozzo viene a riempire. Il

MORIZIO. Accadde più d'una volta ad alcuni viaggiatori di non poter giungere a far cuocere le loro vivande nell'acqua, allorchè eglino toccavano alte montagne. L'acqua bolliva al di sotto di 100 gradi; e siccome la temperatura più non si eleva a partire dal punto d'ebullizione, era impossibile cosa giungere alla temperatura necessaria per la cozione delle vivande. Voi sapete che sotto la macchina pneumatica si fa bollir l'acqua alla temperatura ordinaria.

Ora vi offro una sperienza curiosissima per provare che l'acqua può bollire ad una temperatura molto bassa. Faccio scaldare dell'acqua che non potrà bollire se non inaffiando d'acqua fredda la boccia che la contiene. Prendiamo una boccia di vetro piena per metà d'acqua, facciamola scaldare fino all'ebullizione, e il vapore scaccerà

vapore ricomincia a scaldare quest'acqua e costringerla a salire, quand'ella è calda, nel suo tubo d'ascensione.

Quest'apparecchio impiega molto vapore; ma questo vapore usasi utilmente a scaldar l'acqua dei bagni: v'ha una considerevole economia.

Dello stesso principio può farsi un'applicazione curiosissima. Prendete una boccia o una piccola bottiglia di vetro sottile che possa reggere senza rompersi ad una temperatura di 80°: riempite questo vaso di spirito di vino e chiudetelo con un turaccio!o solido traversato da un tubo di vetro di sottilissima punta. Poi scaldate. Quando l'alcool bollirà, lo vedrete sollevarsi per la pressione del vapore e escire in un getto dal tubo. Accostate uno zolfanello a quest'oggetto ed avrete un fascetto in fiammato di bellissimo effetto.

l'aria ch'ella contiene. In questo momento importa turare la boccia, con un turacciolo intornacato di un corpo grasso, il quale intercetta compiutamente il passaggio dell'aria. Lasciando in questo stato la boccia sul fuoco, si romperà piuttosto che continuare a bollire. Ma quando l'ebullizione è arrestata, voi condenserete una parte del vapore: e siccome nulla più pesa sull'acqua, poichè il turacciolo chiude esattamente, così ricomincerà l'ebullizione.

La natura del vaso ha una certa influenza sul punto d'ebullizione dei liquidi contenuti in esso. L'acqua bolle meglio in un vaso metallico che in uno di terra ben unito e ben liscio. Si favorisce l'ebullizione ponendo nel vaso alcuni piccoli frammenti irregolari; perocchè le bolle si formano più facilmente col favore delle asperità loro, mentre in caso contrario si formerebbe una grossa bolla su tutta la superficie del fondo. Quando si fa bollire dell'acido solforico in una boccia di vetro, gli sbalzi motivati dal liquido, quando non si prenda questa cautela, rompono spesso il vaso *1.

*1 Eccovi il punto d'ebullizione di molti liquidi sotto la pressione 0^m76 :

Acido solforoso liquido	— 10
Etere cloridrico	+ 11
Etere solforico (densità 0,715)	35,5
Spirito di legno.	66
Alcool (densità 0,793)	78,8

I liquidi saturati d'un sale non possono sovente bollire che a temperature superiori a 100°. L'acqua saturata di sale comune bolle a 108 gradi solamente. Così v'ha massima nella cucina di salare la pentola prima che essa bollisca: si sottopone pure la carne di bue ad una temperatura superiore. Si sala egualmente l'acqua per la distillazione del fiore d'arancio. Il sale nulla influisce sul prodotto; ma la temperatura elevata è più favorevole alla distillazione del fiore.

ALBERTO. Ho notato molte volte che certi corpi si scaldano assai più presto che non altri corpi. Il ferro, per esempio, è più presto caldo, mentre vi vuole un tempo infinito per riscaldare l'acqua. Da che proviene ciò?

MORIZIO. Molte possono essere le cagioni. Anzitutto l'esperienza c'insegna, che certi corpi hanno

Acido azotico.	+ 86
Acqua pura	100
Acqua satura di solfato di soda	100,7
— — — — acetato di piombo	102
— — — — carbonato di soda	104,6
— — — — cloruro disodio (sal com.).	108,4
Azotato di potassa	115,9
Carbonato di potassa	135
Essenza di terebintina	156,8
Canfora.	204
Zolfo.	300
Acido solforico (densità 1,84).	310
Olio di lino	316
Mercurio	350

una capacità naturale più o meno grande pel calore sotto uno stesso peso, fatta astrazione da ogni altra influenza. Dissi sotto un medesimo peso, perocchè Dulong e Petit riconobbero, che abbisognava esattamente la quantità stessa di calore per far variare d'un grado la temperatura degli atomi chimici dei corpi. Ora, gli atomi più pesanti trovandosi in minor numero in un chilogramma, occorre meno calore per elevare di un grado la temperatura di questi corpi *1.

ALBERTO. Così la capacità pel calore si misura dall'elevazione di temperatura.

MORIZIO. Sì, ma in certi limiti. Costretti in tal modo ad ammettere una unità fondamentale per misurare la capacità nel calore, siccome nelle altre misure tutte, i fisici hanno deciso di prendere a così fatta unità la *quantità di calore necessaria per elevare un chilogramma d'acqua di un grado*. Questa unità dicesi ordinariamente CALORIA. Voglionvi 100 calorie per elevare la temperatura dell'acqua da 0 a 100 gradi.

Come voi noterete in questo stesso momento, non occorre sempre una caloria intiera per elevare d'un grado la temperatura medesima; e la quantità necessaria a ciò dicesi *calore specifico*. Così, si richiede metà meno di calore per elevare

*1 Questa legge parrà naturalissima se si ammetta, come la più parte dei fisici attuali, che il calore risulta da un movimento vibratorio degli atomi dei corpi e dell'etere che l'inviluppa. Veggasi più sotto, pag. 298.

d'un grado la temperatura d'un chilogramma di legno, e metà meno ancora per elevare d'un grado la temperatura del carbone. Si dirà dunque che se il *calore specifico* dell'acqua è espresso da uno, quello del legno sarà espresso da $\frac{1}{2}$ o da 0,5; quello del carbone da $\frac{1}{4}$ ovvero 0,25 *1. L'acqua ha un calore specifico assai più considerevole che tutti gli altri corpi. Il calore contenuto in un chilogramma d'acqua bollente basterebbe per elevare a 100 gradi 9 chilogrammi di ferro, e 34 chilogrammi di mercurio, d'oro, di piombo. V'ha 100 calorie in un chilogramma di acqua bollente; non ve n'ha 70 in un chilogramma di ferro rovente, nè 60 in un chilogramma d'argento vicino a fondere. Dietro questa osservazione, non vi maraviglierete della lentezza con cui l'acqua si scalda.

MARIA. Al di sopra di 100 gradi, la stessa regola è ella esatta?

MORIZIO. Il calore specifico aumenta colla temperatura, soprattutto quando i corpi cambiano

*1 Calore specifico di alcuni corpi fra 0° e 100°:

Acqua	1	Ferro.	0,11
Alcool.	0,62	Rame, zinco . . .	0,09
Etere	0,52	Argento, stagno .	0,05
Legno	0,50	Mercurio	0,033
Olio d'oliva	0,31	Platino	0,031
Sale marino	0,22	Oro	0,030
Zolfo	0,19	Piombo	0,029
Vetro	0,18		

di stato; per esempio, quando i liquidi si trasformano in gaz. Ma nel tempo di questa trasformazione, v'ha un assorbimento di calore che non è sensibile al termometro, e che è omai tempo di mettere ad esame *1.

ALBERTO. È probabilmente ciò che ho inteso appellare *calorico latente*.

MORIZIO. Appunto. Quando un corpo cresce di volume (un gaz per esempio), si produce un freddo considerevole: la dilatazione assorbe del calore. Un termometro metallico di Bréguet accusa un abbassamento notevole di temperatura nell'aria che si rarefa con uno o due colpi di stantuffo rapidi sotto la macchina pneumatica. Questo effetto dura pochissimo, perchè i corpi vicini rendono quasi subito il calore necessario per ristabilire l'equilibrio.

*1 Si determina il calore specifico dei gaz facendoli traversare una massa d'acqua ad una temperatura conosciuta in un serpentino di grande lunghezza. S'esamina con diligenza la temperatura all'entrata e all'uscita del serpentino, come anche il calore che fu comunicato all'acqua.

Il calore specifico dell'aria è di 0,267, o poco più poco meno il quarto di quello dell'acqua. È facile concludere come si possa far variare di 1° la temperatura d'un litro d'aria, poichè voglionvi 770 litri ogni chilogr.

Occorre solo $\frac{1}{2885}$ di caloria; a volume eguale, l'aria contiene dunque 2885 volte meno di calore che l'acqua. Ciò spiega come alcuni uomini possono restare senza danno alcuni minuti in un forno o in una stufa mentre non possono sopportare l'acqua calda o il vapore.

MARIA. È probabilmente qui la causa del freddo eccessivo delle alte montagne.

ALBERTO. Senza dubbio. L'aria non ha un *calore specifico* elevato: più c'innalziamo, più l'aria si rarefa, più assorbe di calore per rarefarsi.

MARIA. È vero che i corpi vicini non ne hanno tanto da somministrargli per elevare la sua temperatura.

MORIZIO. Voi dimenticate che a questa altezza i corpi vicini sono rari.

MARIA. Benissimo: così per poco che ad essi si tolga di calore, rimangono ghiacciati.

MORIZIO. Quando voi soffiare colla bocca sulle vostre mani, provate una sensazione di caldo se soffiare dolcemente, e una impressione di freddo quando serrate i labbri e soffiare più forte. È tuttavolta la medesima aria che esce dai vostri polmoni; ma ella esce nel primo caso colla pressione ordinaria, mentre nel caso secondo voi la comprimete. L'aria così compressa è appena uscita che riprende la sua tensione primitiva a spese del calore della vostra mano e degli altri corpi vicini. Esponendo ad un getto d'aria compressa a due o tre atmosfere una piccola boccetta di vetro, si coprirà di ghiaccio se l'aria è umida.

Questa sperienza vi spiega perchè certi venti gagliardi vi paiono così freddi, benchè il termometro non s'abbassi considerevolmente. Il termometro non vale ad accusare l'assorbimento

del calore combinato, per così dire, colle molecole dell'aria *1.

Il contrapposto di questa sperienza non è meno curioso. Si prende un tubo di vetro spesso, coperto dall'un capo, e s'introduce per questo capo uno stantuffo che lo chiude esattamente. Se voi premete vivamente questo stantuffo, comprimerete l'aria, e stricherete sovente abbastanza di calore per infiammare un pezzo di esca, o produrre una scintilla, dovuta senza dubbio all'infiammazione del corpo grasso con cui si strofina d'ordinario lo stantuffo. Ecco ciò che si chiama *acciarino ad aria*.

Ma gli è soprattutto nei cambiamenti di stato che i corpi assorbono o sprigionano una grande quantità di calore. Se io mescolo un chilogramma d'acqua a 15 gradi con un chilogramma a 45°, ho due chilogrammi d'acqua che hanno insieme 60 calorie, 50 calorie per ciascheduno : ho dunque due chilogrammi d'acqua a 30°. Ma ciò non istà più se v'abbia cambiamento di stato; passa, per esempio, una differenza enorme fra un chilogramma di ghiaccio a 0° ed un chilogramma d'acqua alla medesima temperatura. Pendiamo un masso di ghiaccio conservato assai lungo tempo in un luogo ove non gela: la sua temperatura

*1 Il calore specifico dei gaz è altrettanto più grande quanto sono più leggeri o più rarefatti. L'idrogene ha un calore specifico maggiore dell'aria. Si fecero fin qui pochi sperimenti sul vapor d'acqua.

sarà a 0° . Pratichiamo in questo masso una cavità capace di contenere un chilogramma d'acqua a 75° , e chiudiamo questa cavità con un pezzo di ghiaccio egualmente a 0° . Aspettiamo un poco, e noi troveremo due chilogrammi d'acqua a 0° . Vi vollero dunque 75 calorie per far fondere un chilogramma di ghiaccio senza elevare la sua temperatura. Così 75 calorie furono dunque assorbite dalla fusione del ghiaccio, senza che il termometro ne tenga conto.

ALBERTO. Vedemmo già che si sprigiona del calore nella congelazione dell'acqua. Se, per esempio, si lascia discendere fino a -5° ovvero a -6° dell'acqua affatto tranquilla, mentre s'agita il vaso, l'acqua gela e la temperatura risale al grado 0° .

MORIZIO. Voi comprendete ora che v'hanno 75 calorie per chilogramma cui il ghiaccio è costretto a perdere.

Ecco quanto basta per farvi toccar con mano la causa dell'efficacità delle misture refrigeranti. Molte misture composte di sostanze che hanno una grande affinità fra loro, esigono molto calore per liquefarsi. Voi conoscete l'affinità del sale marino per l'acqua; esso attira l'umidità a tal segno, che in tempo di pioggia diviene affatto umido. Se noi lo poniamo in contatto non già con acqua ordinaria, ma con ghiaccio o neve, i quali assorbono essi medesimi il calore per fondersi, avremo provocato un abbassamento considerevole di temperatura, perocchè questa

mistura richiede per liquefarsi una grande quantità di calore, ed ha a liquefarsi una tendenza estrema attesa la sua affinità chimica *1. Di questa mistura si servono i caffettieri per fare i gelati ed i sorbetti. Tale mezzo è il più economico, perocchè quando ha servito, si può far cristallizzare il sale svaporando l'acqua e farlo servire allo stesso uso quante volte si voglia.

Il calorico latente dei vapori ha molto maggiore importanza nell'industria che non quella dei liquidi.

ALBERTO. Voi già ci diceste, quando l'acqua bolle, che la temperatura più non si eleva: tutto il calorico prodotto è impiegato a convertire in vapore l'acqua bollente.

MARIA. È un fatto che si verifica con facilità sul termometro.

ALBERTO. Ciò che non è così agevole a mio avviso, è il constatare che il calorico non va perduto, ma è passato realmente nel vapore.

MORIZIO. State tranquillo: ve lo ritroverete tutto intiero. Fatto passare in un chilogramma d'acqua a 0° il vapore prodotto da quantità eguale d'acqua bollente, e vedrete che l'acqua fredda bollerà prima che un quinto della calda siasi evaporato. In una parola, un chilogramma di vapore può portare alla ebullizione chil. 6,43.

*1 Diemmo nei nostri *Trattenimenti sulla Chimica* varii metodi per procurarsi il ghiaccio nell'estate. Vol. I, 26 e seg.

Ecco un fatto assai prezioso per le arti. Ne' laboratoi de' tintori, per esempio, si è costretti avere una quantità considerevole di vasi, i quali contengono da 10 a 50 ettolitri.

ALBERTO. Se si dovessero scaldare tutti questi vasi, vi vorrebbe sotto a ciascheduno un fornello: si perderebbe senza dubbio assai tempo e calore.

MARIA. Potrebbe si avere una grande caldaia, la quale scaldasse l'acqua che si condurrebbe in seguito per mezzo di tubi convenientemente disposti in ciaschedun vaso.

MORIZIO. Si fa meglio ancora. Con una caldaia mediocre si può portare alla ebullizione cinque volte altrettanto d'acqua fredda, aprendo solo un rubinetto collocato in fondo a ciaschedun vaso, il quale dà passaggio al vapore secondo l'uopo.

MARIA. Benissimo: così non si ha a custodire che un fornello, e nessuna perdita di calore. L'acqua scaldasi senza dubbio rapidamente, e tutti i piani d'una fabbrica possono comunicare colla stessa caldaia.

MORIZIO. Esiste un vantaggio importantissimo, al quale voi non pensate. Col riscaldamento diretto, i fili, i tessuti, le materie tintoriali possono bruciare in fondo alla caldaia: col riscaldamento a vapore, non v'ha più nulla a temere. Se aveste a far lavorare, comprendereste ancor meglio l'economia che si trova a servirsi di vasi di legno o di pietra; i quali conservano il calore assai meglio che il metallo.

ALBERTO. Tutto dipende dunque dalla quantità di vapore che si può produrre in una caldaia in un dato tempo.

MORIZIO. Il vapore si forma lentamente. Dappprincipio, perchè gli è necessario molto calore; in seguito, perchè l'acqua lo conduce male. La quantità di vapore dipende da ciò che dicesi in mestiere *superficie di fornace* *1. Meglio trovasi l'acqua in contatto col metallo scaldato direttamente, meglio si vaporizza. Tuttavolta il fuoco più violento che far si possa non vaporizza più di 100 grammi all'ora per decimetro quadrato di superficie. Nella pratica, non se n'ottiene che 30 ovvero 40.

La grande quantità di calore che il vapore abbandona per condensarsi, diede l'idea dei caloriferi a vapore. Sono i migliori e i più economici pel riscaldamento delle grandi masse, e però debbono preferirsi ai caloriferi ad aria calda, tanto perchè viziano meno l'aria, quanto perchè danno una temperatura più uniforme. Si può citare come modello in questo genere il calorifero della Borsa a Parigi *2.

*1 Se si trattasse dell'evaporazione al di sotto della pressione atmosferica, ciò dipenderebbe dalla superficie liquida, dal grado di saturazione, e per conseguenza dal rinnovellamento dell'aria. Qui tutto dipende dal calore cui riceve il liquido.

*2 S'ha in un vaso una caldaia ed un fornello. Dalla caldaia partono diversi tubi posti uno dentro l'altro, e

Nullameno, quando i tubi non potrebbero avere un pendio da ricondurre costantemente al bollitoio l'acqua condensata, s'usa con più vantaggio il calorifero ad acqua calda. Quando si vuole una temperatura lungo tempo mantenuta, come nelle serre, ove si può temere la negligenza del giardiniere incaricato della custodia delle stufie, s'impiegano caloriferi ad acqua calda. I tubi che contengono l'acqua cedono poco calore alla volta; ma quando la massa è scaldata, si raffredda lentissimamente: è il grande merito di questi caloriferi. Importa che i tubi siano più sviluppati, perchè il calore abbandonato essendo minore, l'aria si rinnova meno presto; e l'aria essendo cattivissimo conduttore del calorico, ha bisogno di affettare costantemente la superficie di fornace.

ALBERTO. Già da lunga pezza ci andate parlando dei buoni e cattivi conduttori.

diretti in modo da lasciar ricadere nella caldaia tutto il vapore condensato. La liquefazione dipende dalla temperatura dell'aria che i tubi vengono ad affettare: ma si ammette, che una volta venuta l'aria a 15°, si liquefa un chilogr. di vapore per ora per un metro quadrato di superficie calda. Ciò basterebbe a tutto rigore per scaldare 170 metri cubi d'aria a 15°: ma a motivo della ventilazione necessaria, non si conta che sul terzo di questo effetto. In pratica, vuolsi un metro di superficie calda per 60 metri cubi: è una massa che avrebbe, per esempio, 5^m di lunghezza, 4 di larghezza e 3 di altezza.

MORIZIO. In questo momento medesimo noi passiamo a studiarli. L'esperienza è quella che c'insegna, se tale o tal altro corpo conduce meglio il calore ch'esso ha ricevuto. Voi già sapete come la vostra mano tenga difficilmente un cucchiaino d'argento per un capo, mentre l'altro capo sta nell'acqua bollente, intantochè ardate quasi interamente nella vostra mano uno zolfanello senza soffrirne. Lo stesso avviene di un bastone di ceralacca, d'un tubo di vetro ed altri oggetti moltissimi. In generale, voi trovate coll'esperienza, che i metalli sono ottimi conduttori.

MARIA. È forse per questo ch'essi sono sempre più freddi?

MORIZIO. Un corpo può parervi freddo per due motivi: il primo, perchè esso corpo disperde rapidamente il calore cui le vostre dita, per esempio, gli comunicano; talora è buon conduttore. I metalli sono in questo caso. Ma un corpo, senz'essere buon conduttore, par freddo tuttavia, perchè avendo una grande capacità pel calore, ne assorbe in gran copia.

ALBERTO. L'acqua, per esempio.

MARIA. Io credo che l'etere faccia provare una sensazione di freddo anche maggiore. Quando s'ha la testa ardente, una goccia d'etere la raffredda tosto.

MORIZIO. L'etere è volatilissimo; ma è costretto, per volatilizzarsi, togliere del calore ai corpi vicini. Ecco il perchè egli sembra freddo.

ALBERTO. Tutti i metalli sono essi egualmente buoni *conduttori*?

MORIZIO. No: la loro *conduttibilità* è facilmente calcolabile, prendendo tronchi perfettamente eguali e intonacandoli di cera in una certa lunghezza. Se l'immergete in seguito in un bagno caldo pel capo che non ha intonaco, vedete con agevolezza qual è il tronco che fa fondere più presto la cera. L'oro è il primo dei *conduttori*: vengono poscia l'argento, il rame, il ferro e via *1.

Per giudicare della *conduttibilità* di certi corpi, s'usa un termometro di contatto, il quale non è che il termometro ordinario circondato d'acqua. Si scalda una lastra metallica, si pone al di sopra del corpo da esaminarsi, e si colloca su tutto ciò l'inviluppo del termometro. Più tempo impiega il calore a traversare il corpo, più esso lo conduce male. Gli è così che uno s'assicura della poca *conduttibilità* delle stoffe di seta e di lana. I tessuti vegetali di lino o di canepa conducono

*1 Ecco la *conduttibilità* di certi corpi espressa in cifre:

Oro	1000	Piombo	180
Platino	981	Marmo	24
Argento	973	Porcellana	12
Rame	898	Terra da fornelli	11
Ferro	374	Tengono dietro il legno	
Zinco	363	ed il carbone.	
Stagno	304		

meglio il calore ad eguale spessezza. I corpi divisi in filamenti o in particelle sono più cattivi conduttori che non i corpi solidi da cui provengono, per esempio, il carbone pesto, la segatura di legno, la polvere di conchia e simili.

ALBERTO. Si può così conservare il calore lungamente: si può impedire al vapore dei caloriferi di condensarsi traversando una corte.

MORIZIO. Certamente: tutto di si trae profitto della conoscenza della poca conduttibilità dei corpi. Le stufe che debbono conservare il calore sono fatte in mattoni spessi. Quelle che si fabbricano di latta o di ferro strutto, si scaldano assai presto, ma assai presto si raffreddano. I fornelli che servono alla produzione del vapore hanno ordinariamente pareti spessissime; essi sono approfonditi nella terra, quando è possibile il farlo: e sovente fra due pareti di mattoni s'introduce un denso strato di carbon pesto. Il calore, con questo mezzo, non può perdersi gran fatto; epperò è reso utile tutt'intiero.

ALBERTO. I vestimenti che noi portiamo, hanno senza fallo per iscopo d'impedire al nostro calore interno di sperdersi.

MORIZIO. Eglino hanno pure per iscopo d'impedire al calore esterno di tormentarci nel corso della state. Esponete al sole, in un tempo caldissimo, una parte del vostro corpo che non è solita essere nuda: voi soffrirete più calore che se fosse coperta.

MARIA. Perchè i vestimenti di lana a maglia sono egliino altrettanto caldi che il drappo, benchè vi si vegga la luce attraverso le maglie?

MORIZIO. Non è solo la lana che preserva dal freddo. L'aria imprigionata fra i peli del tessuto non ha quasi più movimento: e in questo stato è cattivissimo conduttore. Non ci sembra potersi condurre il calore, se non perchè le molecole più calde essendo più leggere, s'elevano ordinariamente per dar luogo ad altre: ma qui non vi ha corrente possibile. Lo stesso si dica delle pellicce. Sotto un peso leggero, esse hanno il vantaggio di dare uno strato spesso non conduttore.

ALBERTO. Ecco dunque perchè si portano le pellicce col-pelo al di fuori: io m'immaginava che fosse un civettismo malinteso.

MARIA. Niente affatto: lo strato non conduttore è più spesso che se il pelo fosse al di dentro.

ALBERTO. I montoni e tutti gli animali sono vestiti caldissimamente.

MARIA. Gli uccelli vestono più caldamente ancora, e soprattutto con più leggerezza.

MORIZIO. Dio veglia sulla sua creatura. Ciascheduno animale è l'opera della sua mano: egli somministra a tutti ciò che è necessario ai bisogni della vita.

ALBERTO. Il calore si spande senza fallo poco a poco attraverso i corpi che lo conducono. Frapponete un cattivo conduttore, ed il calore più non penetra: n'è vero?

MORIZIO. Ciò non è esatto, almeno in modo assoluto. Il calore non si comunica già per solo contatto; esso si comunica pure per irradiazione. Così il calore del sole che a noi giunge su questa terra, non ci viene per contatto: l'aria lo condurrebbe assai male, come vedemmo. D'altronde, sapete bene che i raggi solari non sono meno caldi passando attraverso una vetriera.

L'esistenza dell'irradiazione è altrettanto incontestabile pel calore oscuro che pel calore luminoso. Potete fare il vuoto in una boccia, in mezzo alla quale sarà sospeso un piccolo termometro, empiendo tosto questa boccia di mercurio col mezzo d'un tubo di più di 0^m,76, e riversandolo in seguito in un bagno di mercurio. È chiaro che esiste un vuoto perfetto nella boccia che voi chiudete alla lampada.

Qualunque corpo caldo presentato alla boccia fa salire il termometro: qualunque corpo freddo lo fa abbassare. Nel primo caso, il corpo caldo manda per l'irradiazione attraverso il vuoto una porzione del suo calore al termometro: nel secondo, è il termometro che irradia.

È più esatto il dire, che tutti i corpi irradiano a loro volta, gli uni più, gli altri meno, nella proporzione del loro rispettivo calore. L'equilibrio si stabilisce tosto, e ciaschedun corpo rimanda il calore che riceve. V'ha equilibrio, e i corpi sono alla stessa temperatura. I migliori strumenti per misurare l'irradiazione sono il

termoscopo e il *termo-moltiplicatore*. Voi conoscete già il primo: del secondo vi parlerò più tardi.

ALBERTO. V'ha corpi che conducono meglio il calore: ve n'ha forse altri che meglio lo irradiano?

MORIZIO. Sì; ma non sono gli stessi. Prendiamo un vaso quadrato di metallo, a cui inargenteremo una delle facce, coprendo l'altra d'uno strato di nero di fumo. Presentando il termoscopo successivamente alle due facce, troverete che la faccia inargentata lascerà irradiare dieci volte meno calore dell'altra *1.

MARIA. Credeva che fosse un assai cattivo mezzo di conservare il caffè caldo servendolo in una caffettiera d'argento: ma ora veggo che il mezzo non è tanto cattivo, perocchè se l'argento è buon conduttore, irradia malissimo.

ALBERTO. Adesso comprendo anch'io perchè la cuciniera trova che l'acqua bolle assai meno presto in una pentola nuova: gli è perchè il metallo nuovo irradia e non comunica il calore.

***1 Potere irradiante di alcuni corpi.**

Nero di fumo	100
Carbonato di piombo . . .	100
Carta	98
Colla di pesce	91
Vetro	85
Inchiostro di China . . .	85
Gommalacca	72
Superficie metallica liscia	19

MORIZIO. Vedete che le cose in apparenza più semplici danno spiegazione di utili fenomeni: non saprei ripetervelo troppo. Quando avremo parlato dei raggi luminosi, comprenderete facilmente ciò che mi resterebbe a dire dei raggi calorifici *1. Mi faccio sollecito a concludere con qualche parola indispensabile sulla natura e produzione del calore.

ALBERTO. Ho creduto che il calore non potesse conoscersi se non ne' suoi effetti; che i fisici fossero convenuti d'appellarlo fluido imponderabile, ma senza cercare di spiegar oltre la sua natura.

MORIZIO. Che il calore non possa essere pesato, ch'egli sia imponderabile, è un fatto costante. Una palla rossa non cresce di peso, e la bilancia più sensibile non potrebbe trovarvi la menoma alterazione. Importò dunque rinunciare al pen-

*1 I raggi calorifici e i raggi luminosi, che in moltissimi punti si possono confondere, sono assai differenti. Noi non abbiamo bisogno d'altra prova che il loro modo di condursi attraversando certi corpi. V'ha corpi *diafani*, vale a dire che sono traversati dai raggi luminosi: ve n'ha di *diatermani*, vale a dire che s'attraversano facilmente dai raggi calorifici. Gli stessi corpi non hanno sempre queste due proprietà al grado medesimo. L'acqua lascia passar meno calore che l'olio. Un pezzo di cristallo d'un decimetro di spessore trasmette più della metà del calore d'una lampada: una lama d'allume trasparentissima di 1 millimetro non ne lascia passare che un sesto.

siero di spiegare il calore colla trasmissione d'una sostanza gassosa. Il calore non è un *corpo*: questo fatto pare oggi assai ben provato.

MARIA. Che è egli dunque?

MORIZIO. Vi rispondo con una questione. Voi sapete senza dubbio che cosa è il suono?

MARIA. È un risultato della vibrazione dei corpi in certe circostanze.

ALBERTO. È un risultato, è un effetto; ma il calore che s'appella *calorico* è qualche cosa che sussiste, che passa da un corpo ad un altro, di cui viene constatata la presenza...

MORIZIO. Io vi fermo a questo punto. Parlare del calore, come d'una sostanza più o meno ponderabile, che si dice calorico, e qualunque altro nome vogliate porgli, ciò è un uso consacrato, spesso comodo e che io pure adotto qualche volta. Ma è oggi ammesso generalmente, che il calore non è se non un effetto, un risultamento di certa vibrazione di molecole, assolutamente come il suono.

MARIA. Come! sarebb'egli il calore una specie di suono?

MORIZIO. No: ma risulterebbe da un turbamento di molecole come il suono medesimo.

ALBERTO. Il suono e il calore sono tuttavia percepiti in assai diverso modo dai nostri organi.

MORIZIO. Gli è perchè, se sono formati d'un modo *comparabile*, non lo sono già d'un modo

identico. E soprattutto le vibrazioni che producono il suono, s'esercitano sui corpi tali quali esistono nel loro insieme. Ma voi sapete che i corpi sono composti d'atomi riuniti, senza tuttavia toccarsi, d'atomi che lasciano fra loro una assai grande distanza, perocchè quando sono riuniti regolarmente o cristallizzati, lasciano passare i raggi luminosi. Noi siamo condotti, per ispiegare la repulsione degli atomi, ad involupparli d'un fluido infinitamente sottile, imponderabile, incomprendibile, che dicesi etere. L'esistenza di questo fluido incoercibile non può oramai rivo-carsi in dubbio: molti fenomeni di luce sembrano dimostrarlo.

Voi comprendeste intanto la differenza che debbe esistere fra la produzione del suono e la produzione del calore. La vibrazione da cui risulta il calore non fa già vibrare i corpi tutti d'un pezzo; egli fa vibrare i loro ultimi atomi e l'etere che l'involuppa. Di più, voi sapete che si richiede aria perchè il suono risponda: il calore può trasmettersi attraverso il vuoto, perchè il vuoto non esclude la presenza dell'etere.

MARIA. Allora la temperatura dipende dalla velocità della vibrazione.

ALBERTO. Appunto: e siccome la velocità di vibrazione è indipendente dalla quantità di materia vibrante, io comprendo come due corpi possono avere la stessa temperatura, quantunque abbiano più o meno calore.

MORIZIO. Se il calore risulta da una forza che fa vibrare l'etere e gli atomi, voi comprendete che se gli atomi restano fissi, e che l'etere solo debba essere posto in movimento, richiedesi minor forza per produrre una velocità eguale. Voi conchiuderete che i solidi debbono contenere meno calore. In una parola, i fenomeni di calore latente dipendono dalla forza più o meno grande assorbita per mettere in vibrazione l'etere e gli atomi.

MARIA. Il raffreddamento è un indebolimento di vibrazione, siccome il riscaldamento risulta dal fatto contrario.

MORIZIO. Passando in rivista tutti i fenomeni del calore, si spiegano naturalmente gli effetti ch'esso produce per la vibrazione dell'etere e dagli atomi. Ma questo sistema spiega anzitutto facilissimamente la produzione del calore di cui mi resta a parlarvi.

MARIA. Si produce calore ardendo legno o carbone.

MORIZIO. Ogni reazione chimica cagiona uno spostamento negli atomi dei corpi e tende ad aggrupparli diversamente. Se il calore risulta da una vibrazione degli atomi e dell'etere che li circonda, questo spostamento che debbe farli vibrare, sarà sempre una sorgente di calorico. La combustione del legno e del carbone non è che un fatto particolare di questa legge ordinaria. La spiegazione di questi fatti appartiene alla

chimica; noi ce ne occuperemo qualche giorno con premura *1: qui non debbo far altro che indicarveli. La combustione del legno è un'intima unione fra l'ossigene dell'aria e il carbone, o, come dicono i chimici, il carbonio. L'affinità di questi due corpi li porta ad unirsi facilissimamente e rapidissimamente, soprattutto quando il carbone è secco e trito, come nelle legne leggere e porose, e quando l'ossigene dell'aria può penetrare le differenti molecole.

ALBERTO. Importa egli un cominciamento di fuoco per determinare questa combustione?

MORIZIO. No: fa duopo d'una certa temperatura che può in più modi ottenersi: la più semplice è d'avvicinare al fuoco il legno che si vuole ardere. Se il legno non è secco, il calore ne evapora dappprincipio l'umidità: e per questa sola maniera il legno può scaldarsi fino a che abbia luogo la combustione. Ma voi sapete bene che, quando, per esempio, si batte l'acciarino, la combustione dell'esca è provocata dallo strofinio dell'acciaio contro un corpo durissimo. Questo strofinio fa vibrare le molecole d'acciaio che si distaccano arrossandosi, e dà loro il potere di accendere l'esca, corpo porosissimo.

MARIA. Ne' zolfanelli chimici, gli è pure uno strofinio che produce il calore.

*1 Veggansi i nostri *Trattenimenti sulla Chimica*, particolarmente il vol. I, pag. 94 e seg.

MORIZIO. I corpi che s'impiegano per formarli hanno maggior propensione ancora ad unirsi che l'ossigene ed il carbonio.

ALBERTO. I muratori che gettano dell'acqua sulla calce per estinguerla, producono nella massa abbastanza di calore per accendere i zolfanelli.

MORIZIO. È questa una combinazione dell'acqua colla calce. Ogniqualvolta v'ha azione chimica, è la stessa cosa. Solo, accade talora che il nuovo composto abbia una grande capacità pel calore e assorba tutto quello che si forma: ma il fatto non debbe esserne meno rappresentato d'un modo generale. Gli strumenti sensibili dei fisici hanno pure permesso di generalizzarli più oltre. Si constatò che, ogniqualvolta un liquido bagna un solido, ogniqualvolta un gaz aderisce ad un liquido o ad un solido, v'ha elevamento di temperatura. Se il corpo solido è molto poroso, e se un gaz, aderendo, ne sposta vivamente un altro, la temperatura s'eleva talvolta abbastanza per infiammare i gaz, s'eglino hanno affinità uno per l'altro. Gli è così che un getto di gaz idrogene sur un frammento di platino spugnoso ed asciutto s'infiamma improvvisamente: è l'origine d'un piccolo apparecchio assai curioso, detto *acciarino piroplatinico*.

ALBERTO. Quando i selvaggi estraggono fuoco strofinando insieme due pezzi di legno secco, lo strofinio sposta assai gli atomi stessi del legno e li fa vibrare in modo da scaldarli.

MORIZIO. Sì certo, lo strofinio è una sorgente di calore. La percussione ne è un'altra: i fabbrierai fanno talvolta arrossare il ferro a forza di batterlo. Il calore risulta qui egualmente dalla compressione. Più un corpo è compresso, meno resta di molecole o d'etere da far vibrare per ottenere una certa velocità di vibrazione. Voi vi ricordate dell'acciarino ad aria che può accendere l'esca.

MARIA. Il calore che noi abbiamo in noi medesimi proviene egli da una causa consimile?

MORIZIO. Il calore dell'uomo è dovuto in gran parte alla respirazione; il resto si riconosce da altre azioni chimiche, forse dallo strofinio. Gli animali respirando, assorbono una enorme quantità d'aria e ne rimandano dell'acido carbonico. Questa combinazione chimica spiega molto bene lo sviluppo di calore che si fa continuamente. Gli animali che divengono insensibili nell'inverno, si raffreddano a misura che la respirazione diminuisce. I rettili ed i pesci hanno la temperatura del mezzo in cui vivono; ma consumano pochissima aria. Ad una tinca non è necessaria che la cinquantamillesima parte della quantità d'aria necessaria all'uomo *1.

*1 Si calcola il calore prodotto dall'uomo in 24 ore dalla quantità d'aria ch'egli respira. Si ammette per media proporzione che l'uomo respira 20 volte per minuto, e prende ogni volta 650 centimi d'aria; che per conseguenza si assimila in 244 ore 780 litri d'ossigeno, per produrre 590 litri d'acido carbonico e 298 grammi d'acqua,

I fisici si sono particolarmente applicati a misurare il calore dovuto a ciò che noi ci convenimmo di appellare materie combustibili *1, combinate coll'ossigene dell'aria, facendo astrazione dal calorico latente. D'ordinario i corpi che assorbono maggiore ossigene sono quelli che danno più calore.

rispondente alla combustione di chil. 0,323 di carbone e chil. 0,028 d'idrogene. Di qui si conchiude, ammettendo che il calore dovuto all'atto della respirazione formi i 3,4 del calore totale, che il calore umano in 24 ore basterebbe per far bollire chil. 40,25 d'acqua presa a 0°, o per elevare a 37° e mantenerla a questa temperatura una massa più considerevole che quella del corpo umano. Ciò che spiega lo scopo e il vantaggio della traspirazione, la quale, assorbendo il superfluo del calore prodotto, mantiene costantemente l'equilibrio.

*1 Unità di calore prodotto ed ossigene assorbito da 1 chilogramma di diversi combustibili:

Idrogene	23640	calorie ch.	8,01	di ossig. assorb.
Cera bianca	9479	—	3,10	
Olio di colza	9307	—	2,00	
Sevo	8369	—	3,10	
Carbonio	7914	—	2,61	
Carbone di legno	7300	—	2,60	
Gaz d'illuminazione.	6600	—	3,30	
Coke	6500	—	2,20	
Alcool a 42°	6195	—	2,40	
Carbone di terra	6000	—	2,20	
Legno ben asciutto	3500	—	1,30	
Zolla combustibile	3000	—	1,00	
Legnoseccato all'aria	2600	—	1,00	
Ossido di carbone	1800	—	0,57	

Per ciò che concerne il legno in particolare, uno stesso peso in circostanze medesime dà nella pratica risultati molto consimili; ma se si misura il legno a steri, e il carbone ad ettolitri, non è più così la cosa. Il legno di noce a volume eguale fornisce il massimo di calore, la quercia vien dopo, il pioppo d'Italia è l'ultimo *1. Le specie meno spiacevoli ad ardere, sono il faggio e il pino: la quercia annerisce abbruciando ed arde più difficilmente.

Dietro le sperienze di Pécelet, il calor *radiante* del carbone è il terzo del calore totale: quello del carbone di terra e del coke è molto maggiore; ma quello del legno non s'eleva più che al quarto. Quello dei corpi gassosi infiammati è molto meno considerevole.

I camminetti ordinarii non utilizzano gran fatto il calor radiante. Inoltre, non ve n'ha più d'un quarto che si trovi diretto verso l'appartamento, dimodochè ardendo del legno, si perdono comunemente i 15/16 del calore prodotto.

*1 Calore dato da una corda (4 steri) di legni differenti, e da un ettolitro del loro carbone:

Noce. . .	7742	Carbone di noce	292
Quercia. . .	6846	— — —	255
Faggio . . .	5603	— — —	176
Betulla. . .	4102	— — —	153
Castagno . . .	4035	— — —	146
Pioppo . . .	3069	— — —	109
		Carbone di terra	480
		Coke	182

MARIA. V'ha dei camminetti fabbricati con diligenza e guerniti, per esempio, di maiolica che debbono riflettere il calore.

MORIZIO. I camminetti a fuochi più profondi e guerniti di rame sui fianchi convenientemente inclinati, danno $\frac{1}{8}$ del calore totale. Le stufie sono assai più utili sotto il rapporto della economia. Del resto, è necessario assai poco combustibile per elevare una quantità considerevole d'aria ad una temperatura conveniente. Ho fatto fare, v'ha qualche anno, una tavola da sala tutta di metallo. Una lampada chiusa nel piede scaldava un mezzo bicchiere d'acqua contenuto in un *fumifero* a doppia calotta; formavasi così una quantità di vapore notevolissima per iscaldare tutta la tavola, al punto di non potere lasciarvi sopra la mano. Questo mobile scalda benissimo una camera di mediocre grandezza *1.

La perdita di calore è enorme nelle operazioni che esigono un'alta temperatura, a motivo della propensione che hanno ad elevarsi i corpi riscaldati. L'industria principale di coloro che abbisognano di calore, consiste, sia nel concentrare

*1 Per avere la stessa temperatura, importa ardere:

100	chil. di legno	in un cammino ordinario;
39	— —	in un cammino alla Rumfort;
33	— —	in un cammino alla Désarnod;
21	— —	in una stufa di Curandean di latta;
16	— —	in una stufa di Désarnod di latta o ferro strutto.

quanto più è possibile il calore in un punto, sia nel trarne partito per altra cosa quando ha servito all'oggetto principale. Così negli alti fornelli di cui si alimenta la combustione con enormi macchine soffianti, v'ha grande economia nel prendere l'aria delle macchine in una camera riscaldata già ad altissima temperatura.

MARIA. Il sole debb'essere anch'esso una sorgente di calore.

ALBERTO. Sicuro, perchè se ne possono raccogliere i raggi con una lente ed accendere esca od altri corpi. V'hanno cannoni che segnano da se stessi l'ora del mezzogiorno. È il calore del sole che accende la polvere.

MARIA. Perchè a mezzogiorno preciso piuttosto che alcuni minuti prima o dopo?

MORIZIO. I raggi del sole sono impotenti per se medesimi ad accendere la polvere; ma quando cadono sur una lente sotto una conveniente inclinazione, si riuniscono in un foco, come vedremo nel prossimo nostro Trattenimento. Questo foco riunisce il calore, dapprima sparso, d'un certo numero di raggi; e questo basta per accendere la polvere.

La terra è sede d'una sorgente incontestabile di calore, benchè nemmeno se ne conosca l'origine. Lungamente fu supposto che la terra fosse un sole estinto, di cui il calore disparve poco a poco, prima alla superficie, poi ad una certa profondità, secondo la legge generale del raffred-

damento. S'ama meglio credere oggi che il nostro globo abbia attraversato regioni d'un'alta temperatura prima della creazione dell'uomo, e che siasi scaldato ad una certa profondità. Molti fatti geologici si spiegano meglio con questa ipotesi: ma qualunque supposizione si faccia, non è possibile negare il fatto dell'interno calore del globo, calore che non può attribuirsi al sole.

La sorgente che fin qui ci ha somministrato il più forte calore e l'azione più energica, è l'elettricità. Non ve ne terrò discorso che dopo avere studiato con voi i principali fenomeni della luce.



TRATTENIMENTO DECIMO.

Dei fenomeni dovuti all'azione della luce.

« I fenomeni dovuti all'azione della luce non sono meno interessanti di quelli che noi fin qui studiammo. Eglino sono certamente assai più svariati, e formarono mai sempre l'oggetto dei lavori d'un gran numero di fisici distinti, benchè non si vadi d'accordo che da pochi anni intorno alla natura della luce. Fino a questi ultimi tempi si credette che la luce fosse una emanazione infinitamente sottile dei corpi luminosi. Era il sistema di Newton: la fama d'infallibilità del suo autore non avea poco contribuito ad accreditarlo.

ALBERTO. A' dì nostri si sostiene dunque un altro sistema, fino a che a sua volta sia sostituito da un altro.

MORIZIO. Le sagge indagini di Fresnel pareano aver fissata l'opinione, riconducendola al sistema di Descartes, il quale consiste nell'ammettere che la luce proviene da un turbamento comunicato dai corpi luminosi a questo fluido imponderabile, incomprendibile che noi già designammo sotto il nome d'*etere*.

MARIA. Così la luce sarebbe prodotta come il calore dalle vibrazioni.

ALBERTO. Anche il suono risulta dalle vibrazioni; ma quest'ultimo è formato dalla vibrazione dei corpi ponderabili, se ben mi ricordo, e non si propaga nel vuoto. Il calore proviene da vibrazioni più delicate, perocchè elleno si effettuano principalmente sull'etere: lo stesso non è della luce. Ecco senza dubbio perchè v'ha tanto rapporto fra il calore e la luce. Il calore, portato ad un certo grado, diviene luminoso.

MORIZIO. Checchè ne sia delle sperienze che hanno condotto alla dimostrazione della verità del sistema adottato a' dì nostri, per essere fedeli al nostro modo di procedere, studieremo dapprincipio gli effetti che ci aiuteranno a risalire fino alla causa. Costretto a restringermi, affine di non uscire dai fissati limiti, m'atterrò esclusivamente alle questioni che hanno un vantaggio reale per le applicazioni che se ne fecero.

Un corpo luminoso propaga la luce in tutti i sensi, attraverso il vuoto, come attraverso l'aria. Non si può aprire gli occhi senza convincersene. Voi non siete meno certo che la luce si propaga sempre in linea retta: tuttavia dobbiamo diffidare di certe illusioni eccessivamente numerose in ottica, che un esame attento ci aiuterà a scoprire.

MARIA. Anzitutto, come avviene egli che noi vediamo gli oggetti?

MORIZIO. I raggi luminosi percuotono gli oggetti che incontrano; eglino provano in quest'atto

diverse modificazioni che i fisici studiarono scrupolosamente, e sono rinviati in tutto o in parte in sensi diversi. Una parte di questi raggi viene al nostro occhio, e vi si colloca secondo la forma e l'ordine in cui il corpo li rimanda. Essi formano dunque nell'interno dell'occhio una immagine stessa del corpo illuminato.

Importa che voi vi acquietate a questa spiegazione, fino a che non siamo così avanti da studiare il fenomeno della visione.

ALBERTO. Così noi vediamo quest'albero, perchè esso invia da tutte parti i raggi luminosi che lo rischiarano, e perchè un certo numero di questi raggi viene a dipingersi nel nostro occhio da tutti i punti illuminati.

MARIA. Vale a dire, che se un punto non fosse illuminato, non invierebbe al nostro occhio alcun raggio, e noi non lo vedremmo.

MORIZIO. Gli è ciò che accade in una notte molto oscura. La sorgente principale di luce è il sole: quando questa luce non ci illumina, e noi non vi suppliamo colla luce artificiale, i corpi non ci rimandano alcun raggio, e per noi non si veggono *1.

V'hanno corpi che lasciano passare i raggi luminosi, come il vetro: si chiamano *trasparenti* o *diafani*. Ve n'ha altri che lasciano passare una

*1 Chiamasi *raggio luminoso* la direzione che segue la luce propagandosi: un pennello è la riunione di molti raggi; un fascetto lo è di molti pennelli.

parte di questi raggi, ma senza permettere che si vegga dietro ad essi la forma dei corpi, come il vetro levigato: diconsi *translucidi*.

MARIA. L'acqua limpida è *trasparente*: l'acqua salata sarebbe solamente *translucida*.

ALBERTO. Un globo di lampada a fiori è trasparente, ma i fiori sono translucidi. La carta unta d'olio è translucida; la vernice è trasparente.

MORIZIO. Gli altri corpi sono *opachi*; essi intercettano i raggi luminosi, e lasciano per conseguenza dietro di loro una traccia assai meno rischiarata, una traccia di *ombra*. L'ombra prende il nome di *penombra* sugli orli che tengono il mezzo fra l'ombra e la luce.

ALBERTO. Poichè la luce si propaga come il suono, ella debbe impiegare un certo tempo a percorrere la distanza che passa fra il sole e la terra?

MARIA. Mi sovviene che la luce d'uno schioppo si vede assai prima di sentire il colpo, quando si è ad una certa distanza.

MORIZIO. Egli è provato, che la luce si propaga assai più presto che il suono: noi non abbiamo mezzi per giungere a misurare questa velocità sulla terra; ma l'astronomia ce ne insegna uno. L'osservazione degli eclissi del primo satellite di Giove prova che la luce del sole ci perviene in 8 minuti e 13 secondi *1.

*1 Rømer fece questa scoperta nel 1675. Giove è un corpo opaco come la terra, che, quando viene rischiarato dal sole, proietta dietro a sè un'ombra, dove la forma e la

ALBERTO. Propagandosi lontano, la luce debbe perdere di sua forza come il suono.

MORIZIO. Voi ne avete ogni giorno la prova in una candela. Supponete che i vostri capelli vi si arriccino sulla testa e non abbiano più che un

posizione della quale facilmente si determina. I satelliti di questo pianeta, girando intorno ad esso, traversano quest'ombra: essi v'entrano in un istante che può calcolarsi, e n'escono ad un altro istante del paro calcolabile. L'intervallo che separa due *emersioni* del satellite, è la durata della sua rivoluzione, la quale è necessariamente sempre la stessa.

La terra non trovasi ognora alla medesima distanza da Giove. La sua rivoluzione annuale intorno al sole la spinge a grandi distanze da questo pianeta. Ora, fu osservato che il primo satellite pare uscire dal cono d'ombra del pianeta alcun poco più tardi quando la terra è più lontana da lui, che quando è più vicina. Gli è perchè i raggi rinviati da questo satellite impiegano maggior tempo a pervenire fino a noi in una circostanza che in un'altra: la differenza è di un secondo per ogni distanza di 79,572 leghe di 2000 tese antiche.

Noi non possiamo conoscere la distanza dalle stelle alla terra: tuttavia la più vicina è 200,000 volte almeno più lontana da noi che il sole, perocchè una distanza minore sarebbe calcolabile. La luce di questi astri non può dunque impiegar meno di 200,000 volte 8' 13" a giungere fino a noi; vale a dire, meno di 3 anni, 45 giorni. Si può supporre, senza esagerazione, trovarsi delle stelle dei cento e cento milioni di volte più lontane, e di cui la luce dovrebbe mettere più milioni di secoli a propagarsi alla terra. Tutto ciò che esiste al di là del nostro sistema potrebbe essere infranto, annichilato da moltissimi anni senza cessar d'apparire al nostro sguardo.

centimetro di lunghezza : eglino parranno assai folti. Ve ne avranno mille, suppongo, in un centimetro quadrato; ma se si allungano senza ricadere, d'un metro, parranno assai più radi all'esterno. Un centimetro quadrato ne conterrà pochissimi.

Lo stesso dicasi dei raggi luminosi: eglino si rarefanno propagandosi. L'intensità della luce è sempre altrettanto maggiore, quanto minore è la distanza dai corpi luminosi *1.

Qualunque siasi l'intensità dei fasci luminosi, un raggio che percuote un corpo qualunque, si trova in parte assorbito, in parte riflesso, secondo le direzioni differenti. Quando i corpi sono perfettamente lisci, la maggior parte dei raggi si trova riflessa d'un modo regolare.

ALBERTO. Ce ne avete già fatto cenno, quando ci diceste che *l'angolo d'incidenza è eguale all'angolo di riflessione*, vale a dire che, se un raggio

*1 Tutti i corpi luminosi non hanno la stessa intensità di luce; può giovar molto il misurarla. Si fissa a quest'uopo una punta o una lama opaca sur una tavola, un muro e simili. Questa punta rischiarata da una candela, proietta un'ombra più o meno marcata sulla tavola o muro. Se viene rischiarata da due candele, proietterà due ombre. Ora, è facile giudicare se queste due ombre sono egualmente intense. Quando siano ineguali sarà pure agevole allontanando una delle due candele, ricondurre le ombre alla eguaglianza. Si giudicherà allora dall'intervallo delle due luci la differenza d'intensità. Veggansi i nostri *Trattamenti sulla Chimica*, Vol. I, pag. 148 e seg.

percuote sur una superficie liscia sotto un angolo di 20° , sarà riflesso sotto un angolo eguale.

MORIZIO. Gli è a questo principio, il quale può provarsi direttamente, osservando la riflessione d'una stella sur un bagno di mercurio attraverso a tubi collocati in una direzione conveniente; gli è a questo principio, cui vanno dovute le illusioni di cui sono causa gli specchi.

Facciamo penetrare in questo gabinetto, di cui ho chiuso le imposte ermeticamente, un raggio di sole per mezzo di una piccolissima apertura. Se io ricevo questo raggio sur uno specchio, sarà riflesso sopra uno dei muri, dimodochè ci riuscirà facilmente determinare le due direzioni, e trovare così che l'angolo d'incidenza è sempre eguale a quello di riflessione *1.

FIGURA 29.

Questa proprietà dee farvi comprendere come gli oggetti che si trovano in una camera, sono fedelmente riprodotti dagli specchi della camera medesima. Ecco una figura che vi rappresenta il profilo ab d'uno specchio piano. Supponiamo in c un punto luminoso o rischiarato: questo punto manderà d'ogni parte raggi differenti. Quello che cadrà su d si rifletterà in e ; quello su f si rifletterà in g e via dicendo. Supponiamo inoltre

*1 Quest'angolo si conta non già colla superficie dello specchio, ma colla perpendicolare tirata col pensiero al punto in cui il raggio tocca la superficie.

un fascio che si diriga verso p ; i raggi che lo compongono si rifletteranno nella direzione $k l$. Un altro punto m , anche luminoso o rischiarato, rifletterà sullo specchio un fascio di raggi, che prenderanno una direzione capace di tagliare gli altri raggi riflessi, traversando egualmente la linea $k l$. Se supponete attualmente un occhio in $k l$, esso vedrà i raggi riflessi dal punto c , come se partissero dal punto h ; perocchè niente lo terrà avvertito che la linea si trovò tagliata da un ostacolo: il punto m sarà veduto egualmente come se emanasse dal punto i per lo stesso motivo. Un oggetto che si trova realmente come la freccia $c m$, apparirà tutt'affatto al posto della freccia $h i$; $h i$ è dunque l'immagine di $c m$ *1. Voi sapete qual uso si fa degli specchi piani per ornamento delle case, e come la riflessione di essi specchisia gradevole in una camera elegantemente ammobigliata.

MARIA. È un mobile indispensabile per la toilette un ottimo specchio.

ALBERTO. Maria non pare disposta a contentarsi del cristallo delle acque per riflettere la sua bella figura.

*1 La direzione della luce riflessa è determinata facilmente; ma l'intensità è più difficile a calcolarsi. Si sa solamente: 1° che l'intensità della luce riflessa va crescendo regolarmente coll'angolo d'incidenza, senza tuttavia essere nulla quando l'angolo $= 0$; 2° ch'ella dipende dal mezzo in cui la luce si move, e dal mezzo su cui cade; 3° ch'ella è differentissima per corpi di natura diversa.

MORZZIO. A' dì nostri uno se ne contenterebbe difficilmente. Ora voi rigettereste con superbo disdegno i poveri specchi di metallo, di cui si servivano le civettuole nel medio evo.

MARIA. Che! v'erano dunque specchi di metallo?

MORIZIO. Sì, di metallo più liscio che possibile fosse. Ma di rado gli specchi restavano puri, qualunque diligenza se n'avesse: il contatto dell'aria finiva per appannarli.

Gli specchi nostri sono formati d'una superficie metallica assai piana; ma questa superficie è guarentita dal contatto dell'aria da un vetro fino perfettamente collocatovi sopra. Gli specchi metallici non sono più in uso che per la fabbricazione de' telescopii.

MARIA. Un lampadario fra due specchi si trova riflesso fino a perdervi la vista. Avvece d'una sala, si vede allora con un sol lampadario rischiarata una magnifica galleria di cui non può vedersi il fine.

MORIZIO. È l'effetto della riflessione. I pretesi magi tiravano in altri tempi grande partito dal fenomeno che a voi pare così semplice.

FIGURA 30.

Volevano eglino, per esempio, far vedere alla fanciulla credula l'avvenire che la sorte le preparava? Eglino la conducevano in faccia ad uno specchio più o meno magnifico. La povera ragazza era sorpresa di vedere in quello specchio

il re che la sorte le destinava in isposo. L'effetto miracoloso era tuttavolta semplicissimo. Il mago collocava l'immagine del re in una camera vicina A, che andava a riflettersi in uno specchio B disposto obliquamente in un baldacchino. L'immagine così riflessa veniva a dipingersi sullo specchio C.

MARIA. In questa magia non v'ha certo sortilegio alcuno.

ALBERTO. V'hanno specchi in cui l'immagine si vede in piccolo; altri in cui si vede una figura enorme. A che tengono queste differenze?

MORIZIO. Il principio della riflessione è sempre lo stesso: solo abbisogna d'una spiegazione per gli specchi a superficie curva. Un punto d'una superficie curva riflette la luce, come farebbe un piano tangente a questo punto *1.

FIGURE 31 , 32.

Prendiamo ad esempio le due figure che voi vedete. La maggiore rappresenta raggi luminosi cadenti sur una superficie concava come il profilo indica: la minore rappresenta raggi luminosi che cadono sur una superficie convessa.

*1 Un piano tangente ad un punto di sfera, per esempio, è il piano a cui il raggio, condotto dal centro a questo punto, sarebbe perpendicolare. Non sono guari in uso che gli specchi sferici; o gli specchi che sono un frammento qualunque di sfera.

Un punto luminoso collocato in a emette raggi che vanno a cadere sullo specchio, e si riflettono in direzioni differenti, secondo la sfericità dello specchio. Nell'esempio in discorso, i raggi emanati da a si sparpagliano verso $h k$; i raggi rimandati da e si sparpagliano essi pure, e tagliano gli altri in $h k$. L'occhio che trovasi abbracciare tutti questi raggi al punto $h k$, vedrebbe la freccia $a e$, come se ella fosse in $f g$; la vedrebbe dunque maggiore di quello che non è realmente. Se supponete che i raggi luminosi vadino a cadere convergendo sullo specchio, si riuniscono al punto a ovvero e , secondo la loro direzione: il punto a ovvero e sarà il foco di questi raggi.

Io non entro adesso in più minuti particolari: ma voi comprendete già, come sia facile calcolare la direzione dei raggi riflessi su ogni specie di superficie più o meno concave. Vi dirò solo qualche parola d'una volgare applicazione. I riverberi, lucerne e simili rischiarerebbero assai poco, se i loro raggi luminosi non avessero conveniente direzione. Così, quando si voglia rischiarare una strada, il riflettente del riverbero debb'essere costruito in modo, da rimandare i raggi in una direzione *parallela*, perchè l'intensità di essi raggi non diminuisca per la divergenza.

Se i raggi debbono rischiarare una piazza e che il riverbero sia nel mezzo, i raggi che divergono in tutti i punti della circonferenza debbono essere rinviati orizzontalmente. Se poi si tratti

d'illuminare una scala, i raggi debbono all'incontro essere rimandati quanto è possibile in due fasci paralleli, col mezzo di due riflettenti convenientemente sferici *1.

La seconda costruzione relativa agli specchi convessi, vi farà comprendere, senza che io entri in alcun particolare, come un oggetto *a e c* sarà riflesso in guisa, che l'occhio, ricevendo i raggi al punto d'intersecazione, vedrà l'oggetto come se egli fosse in *b f d*.

Tutti gli specchi sferici hanno un *campo* di 20° a 30° d'apertura solamente: sel'apertura fosse più grande, i raggi cadenti di là non verrebbero più a concorrere nel medesimo punto: vi avrebbe *aberrazione di sfericità*; è questo il vocabolo ricevuto dai fisici, per esprimere che i raggi riflessi fuori del *campo* dello specchio non verrebbero più a concorrere alla formazione d'una immagine compita e perfetta *2.

*1 Per mezzo di costruzioni geometriche sulla carta si potrà meglio render conto di questi risultamenti.

*2 Quando il punto luminoso d'uno specchio concavo s'allontana dallo specchio, il suo foco vi s'avvicina, e viceversa. La formola che esprime la posizione rispettiva di tutti i punti, è questa: $\frac{1}{M} = \frac{2}{R} - \frac{1}{B}$.

R è il raggio di curvatura dello specchio; è invariabile per lo specchio medesimo.

B distanza dell'oggetto dallo specchio.

M distanza del foco dallo specchio.

È facile vedere che più *M* aumenterà, più la frazione

Si conoscono sotto il nome d'*anamorfofi* delle bizzarre figure che, riflesse da un apposito specchio, si convertono in figure regolari. Voi non esigete certo ch'io v'insegni a fabbricare questi giochetti: basta che voi sappiate come si forma questa illusione d'ottica. I raggi irregolari dell'*anamorfofi* si trovano riflessi da una superficie liscia, destinata a riunirli in modo regolare in un punto, in cui l'occhio pare vederli.

MARIA. Negli effetti dovuti alla luce, niuna cosa mi fa stupore quanto le lenti, colle quali si può vedere a distanze grandissime. Io ne conosco una con cui distinguevasi a più di mezza lega un coniglio che cercava mangiare sur una strada; è vero che la strada era in pendlo e rischiaratissima.

MORIZIO. Tutto ciò si spiegherebbe naturalmente, se io avessi già parlato della *rifrazione* della luce.

ALBERTO. V'ha dunque divario fra la rifrazione e la riflessione?

MORIZIO. Il divario è enorme, benchè queste due espressioni indichino un cambiamento di direzione nei raggi luminosi. Comprenderete meglio con un esempio.

$\frac{1}{M}$ sarà piccola, per conseguenza più la quantità $\frac{1}{B}$ a togliere sarà grande per conservare l'eguaglianza; ma la quantità $\frac{1}{B}$ sarà tanto maggiore, quanto è minore il denominatore B.

Descrivo qui un triangolo abc , tagliato da differenti linee. Questa figura debb'essere considerata come il profilo d'una bacchetta triangolare di vetro, di cui non è fissata la lunghezza. Questo triangolo dicesi *prisma*. Un prisma è, in generale, un corpo trasparente, con due superficie piane che formano un angolo b , per esempio, che si convenne di chiamare *sommità* del prisma. Un turacciolo di boccetta, tagliato a faccette, forma spesso molti prismi. Tuttavia, quando parlasi in generale di prisma, s'intende parlare della bacchetta triangolare di cui vi presento il profilo *1.

Prendendo b per sommità del prisma, bc e ba sono le due facce utili del prisma: noi non dobbiamo occuparci della faccia ac , la quale non è che un accessorio. Se la faccia bc fosse opaca e liscia, il raggio luminoso de sarebbe riflesso sotto un angolo eguale a quello che forma colla perpendicolare ex punteggiata nella figura.

MARIA. Gli è ciò che avviene negli specchi.

MORIZIO. Ma il corpo abc è trasparente; il raggio debbe dunque traversarlo.

*1 Invitiamo i nostri lettori a procurarsi dai fabbricanti d'istrumenti d'ottica un prisma ordinario, che sarà utilissimo per l'intelligenza di ciò che diremo, e di cui pochissimo è il prezzo. Basta ch'esso abbia due o tre centimetri di lunghezza.

ALBERTO. E esso debbe senza fallo proseguire secondo la direzione $e k$ che fa seguito a $d e$.

MORIZIO. E esso non seguita per nulla la direzione che dovrebbe tenere; ma segue la linea $e g l$. Gli è precisamente questo cambiamento di direzione che dicesi *rifrazione*. Tutti i corpi fanno provare una rifrazione alla luce che li traversa: il vuoto medesimo è un mezzo refringente. Ecco un esempio molto singolare che vi farà toccare col dito la difficoltà della rifrazione. Mettete una pezza d'argento al fondo d'una tazza di porcellana: fissate un punto in cui si possa vedere una parte dell'interno della tazza, gettandovi sopra l'occhio, ma senza vedere la pezza. Se versate dell'acqua nella tazza, la pezza diverrà visibile, benchè non abbiate spostato l'occhio.

MARIA. Ecco, per esempio, una singolare illusione.

MORIZIO. È un effetto semplicissimo della rifrazione. I raggi riflessi dalla pezza d'argento, s'estendevano in linea diretta quando la tazza era piena d'aria: il vostro occhio non poteva capire quelli che gli erano nascosti dall'orlo del vaso. Ma quando io ho aggiunto dell'acqua, i raggi che avevano preso la medesima direzione in questo liquido, hanno deviato passando dall'acqua nell'aria: eglino si sono inclinati e l'occhio può così vederli: e siccome la luce pare sempre propagarsi in linea retta, l'occhio non s'accorge della deviazione.

Le osservazioni astronomiche le più delicate provarono fino all'evidenza, che la rifrazione de' raggi luminosi ha luogo nei differenti strati d'aria che compongono l'atmosfera: e per questo mezzo noi vediamo gli astri prima che realmente appariscano sull'orizzonte, e dopo che sono tramontati, a motivo della curvatura dei raggi.

La rifrazione varia nei differenti mezzi; ma ella è sempre la medesima nel mezzo medesimo. V'hanno corpi, come lo spato d'Islanda, il cristallo di roccia e qualche altro, i quali, per un raggio incidente, danno due raggi rifratti; così rimandano una doppia immagine degli oggetti *1.

Ma ritorniamo al nostro prisma.

Abbiamo già constatato, che un raggio *d* e trovavasi rifratto secondo una direzione *e g*, formante colla normale o perpendicolare *f e x* angoli determinati, il rapporto dei quali dicesi *indice*

*1 In generale, ne' mezzi medesimi, i rapporti dei seni d'incidenza e di rifrazione sono costanti. Questa legge così si esprime: $\frac{\text{Seno } P}{\text{Seno } S} = N.$

P è l'angolo d'incidenza; *S* l'angolo di rifrazione.

N è l'indice della rifrazione.

Se *N* = 1, *P* è necessariamente eguale a *S*.

Se *N* è maggiore di 1, *P* sarà maggiore di *S* e via.

Se *P* = 0, il raggio cade secondo la normale: si ha così *S* = 0; vale a dire che il raggio penetra in linea retta.

Se *P* = 90°, come il seno di 90° = 1, la formola diviene:

$$\frac{1}{\text{Seno } S} = N; \text{ ovvero } \text{Seno } S = \frac{1}{N}.$$

di rifrazione. Ma quando il raggio esce dall'altra faccia del prisma, si rifrange esso pure, in senso però inverso; così il raggio incidente si è avvicinato alla normale $f e x$ per l'effetto della rifrazione, passando dall'aria nel vetro. Per ripassare dal vetro nell'aria, il medesimo raggio si allontanerà nella stessa proporzione della normale o perpendicolare elevata su questa faccia $g h$; così il raggio $d e g l$ dovrà trovarsi due volte tagliato.

Tutto ciò può dare talvolta un risultato maravigliosissimo: se noi avessimo per prisma una sostanza molto refringente su cui cadrebbero i raggi solari, le condizioni potrebbero essere cosiffatte, che la linea $e g$ fosse assai inclinata e non cadesse sulla faccia $b a$, ma sulla faccia $a c$. Si potrebbe allora chiudere impunemente un'apertura con un simile prisma: il giorno non vi penetrerebbe. Gli è un fatto straordinario lo intercettare i raggi luminosi con un prisma di vetro.

ALBERTO. V'hanno eglino delle regole per riconoscere se tali o tali altri corpi sono più o meno refringenti?

MORIZIO. Il *potere refringente* dei corpi non si prevede in generale: la sola esperienza può farlo conoscere. Tuttavia Newton, lungo tempo prima che gli studii *1 sul poter refringente fossero compiuti, era stato condotto dalla forza del suo

*1 Non si confonda il poter refringente dei corpi coll'indice di rifrazione espressa da N nei calcoli dei fisici,

genio a conchiudere, che il diamante e l'acqua dovevano essere sostanze combustibilissime: perocchè le altre sostanze combustibili erano dotate d'un poter refringente considerabilissimo. La conseguenza poco rigorosa senza dubbio del celebre fisico fu pienamente conservata dalla sperienza. Tutti sanno a' dì nostri, che il diamante non è altro se non carbone cristallizzato, e che uno degli elementi dell'acqua, l'idrogene, è eccessivamente infiammabile *1.

Noi possiamo ora occuparci del passaggio dei raggi attraverso le lenti.

Se le due facce opposte del vetro fossero parallele, come accade nei vetri ben calibrati, i raggi emergenti, dopo essersi rifratti, uscirebbero dal vetro, se non secondo la direzione

nè colla *potenza refrattiva* che debb'essere rappresentata da $N^2 - 1$.

Il *poter refringente* avrà per formola $\frac{N^2 - 1}{D}$; *D* esprimendo la densità del corpo.

*1 Ecco il quadro del poter refringente di alcuni corpi:

Quarzo	0,541	Canfora	1,255
Acido solforico	0,612	Olio d'oliva	1,262
Spatto calcare	0,642	Cera	1,331
Cristallo di roccia	0,654	Essenza di terebint.	1,332
Flint glass	0,734	Diamante	1,396
Acqua	0,785	Zolfo.	2,200
Alcool	1,012	Fosforo	2,886
Azotato di potassa	1,196		

I corpi allo stato liquido hanno un *poter refringente* superiore agli stessi corpi allo stato gassoso.

ch'eglino avevano, almeno secondo una direzione parallela; ma perchè la direzione dei raggi è fissata d'appresso la normale, vale a dire d'appresso la perpendicolare, al punto in cui il raggio cade, se le due facce del vetro non sono parallele, le direzioni dei raggi incidenti ed emergenti non possono più esserle; e se queste medesime facce sono inclinate secondo una regola data dal calcolo, si otterranno effetti previsti dalla divergenza o dalla coincidenza dei raggi.

FIGURA 34.

Ecco due specie di lenti *1: la prima ha le due facce incavate, e dicesi lente concava: la lente di cui l'effetto è opposto a questo, dicesi lente convessa. Se voi ricevete raggi convergenti, quali sono $m n$, $b d$, $p q$, su quest'ultima, essi subiranno una rifrazione. Invece di andare a ricongiungersi al punto c verso cui si dirigevano, andranno a riunirsi al di qua, al punto a , che sarà più o meno vicino, secondo la convessità della lente.

*1 Non si usano che lenti, di cui le facce sono una porzione di sfera. Si lavorano confricando il vetro sur una molla impolverata di tripoli e simili. Non si possono avere più di sei specie di lenti: 1° *bi convessa*; *piano convessa*; 3° *bi concava*; 4° *piano concava*; i nomi indicano abbastanza la forma di queste quattro specie. Le due altre diconsi *menismo convergente* e *menismo divergente*. Le loro superficie sono porzioni di sfera diretta dalla stessa parte e a raggio ineguale.

ALBERTO. È senza dubbio l'effetto contrario che dee prodursi con una lente concava. I raggi convergenti dovrebbero ricongiungersi al punto c ; essi vanno a riunirsi più lontano al punto a .

FIGURA 35.

MORIZIO. Bene osservato: e ciò che diciamo dei raggi luminosi, venuti da differenti direzioni, noi possiamo dirlo d'un oggetto $a e b$ che manda de' raggi attraverso la lente o . Questi raggi divergono dapprincipio, ma sono ricondotti dalla lente in guisa, che i raggi partiti da a , dapprima dispersi, vengono a riunirsi in d , ove possono formare di loro un'immagine del punto a . Nello stesso modo i raggi partiti da e , divergendo, si riuniscono in f , e i raggi partiti da b si riuniscono in d . I raggi intermediarii sono pure rifratti, e s'ottiene in $d f c$ un'immagine perfettissima, sebbene più piccola ed inversa, dell'oggetto $a e b$.

Avviene anche qui il contrario colla lente concava.

V'ho fatto osservare prima d'ora che l'occhio non aveva alcun mezzo di distinguere un raggio diretto da un raggio tagliato, quando ci occupammo dei raggi riflessi; lo stesso accade dei raggi rifratti. Dimodochè l'occhio, il quale vedrebbe attraverso la lente concava *1 la frec-

*1 Veggasi la figura 36 alla lettera B.

cia $a e b$, la vedrebbe come se ella fosse in $c f d$ più piccola e più vicina che non è di fatto, perchè i raggi emergenti i quali giungono all'occhio paiono essere il prolungamento di quelli che partirebbero da $c f d$.

MARIA. È dunque per questo che gli oggetti paiono più piccoli quando si veggono attraverso certi vetri?

ALBERTO. Debbon'essere tutto il contrario trattandosi di lenti convesse.

FIGURA 36.

MORIZIO. Sempre. Un oggetto $a e b$ avvicinato ad una lente, può sembrare molto ingrossato all'occhio che guarda dall'altra parte, assolutamente come se fosse in $c f d$.

È così che le illusioni d'ottica possono moltiplicarsi all'innumerabile coll'aiuto de' fenomeni di riflessione e di rifrazione di cui vi tenni parola. Prima di venire alla conoscenza degli strumenti complicati, che sono l'applicazione dei fenomeni più semplici come vedeste, importa che noi teniamo conto d'un altro fenomeno più considerevole, che dà origine ai colori così ricchi e così varii di cui la natura s'adorna.

MARIA. È lungo tempo che io desidero sapere ciò che forma il colore negli oggetti che per noi si veggono. Uno stesso oggetto può essere alternativamente di tutti i colori. Nelle piante, per

esempio, lo stesso sugo produce foglie verdi, fiori bianchi, frutti rossi. Io non so spiegarmi questo fenomeno.

MORIZIO. I colori non sono già inerenti ai corpi. Nella notte nessun corpo è colorato. I raggi del sole sono l'unica sorgente di tutti i colori, ed eglino medesimi li contengono.

ALBERTO. I raggi del sole sono tuttavia del bianco più puro e più lucido.

MORIZIO. Il più piccolo raggio bianco del sole si decompone in una quantità di altri raggi....

MARIA. Chi potrebbe decomporre un raggio del sole?

MORIZIO. Voi, Maria.

MARIA. Con quali strumenti volete voi ch'io me ne impadronisca?

MORIZIO. Io v'ho già fatto vedere cose abbastanza straordinarie, perchè nulla possa recarvi meraviglia. Voi vedeste più d'una volta de' turaccioli di cristallo tagliati a faccette: il cristallo era perfettamente bianco o piuttosto trasparente; ebbene, voltato in un certo qual modo, alcune di quelle facce non v'offersero elleno tutti i colori dell'iride? Vedete attraverso questo prisma gli oggetti che voi già conoscete; non vi sembrano orlati di frange adorne di molti bei colori?

MARIA. È vero. Nulla di più bello, di più vario, di più ricco. Qui sono tutti i colori dell'iride.

MORIZIO. Vedrete un po' più tardi che voi non diceste mai più vero. Ma per ispiegarvi questo

fenomeno, entriamo in questo gabinetto di cui chiuderemo diligentemente le imposte, non lasciando che un piccolissimo foro per dar passaggio ad un raggio di sole, che vi penetrerà, sia direttamente, sia per mezzo di uno specchio.

Se io colloco un prisma sul foro dove passa la luce, non solamente voi vedrete il raggio cambiar di direzione, venendo rifratto, ma vedrete di più ch'esso s'ingrandisce considerevolmente nel senso dell'altezza e non in quello della larghezza, e tracciando sul muro opposto un ovale, in esso potete scorgere i colori che poco fa vedeste, misurar la grandezza delle fascie e constatare il loro ordine.

ALBERTO. Ecco dunque un raggio decomposto. Ma come mai ciò si opera?

MORIZIO. Esaminando questo curioso fenomeno, i fisici ne conchiusero, che un raggio luminoso era necessariamente composto di raggi d'ogni colore, di cui la riunione forma un fascio bianco. Si conchiuse inoltre che, perchè il fascio così si decomponesse, importava che tutti i raggi piccolissimi colorati non fossero rifrangibili al medesimo grado; perocchè i colori si trovano sempre invariabilmente nello stesso ordine e colla stessa larghezza relativa. Si distinguono benissimo le gradazioni seguenti, le quali formano ciò che dicesi *spettro solare*: rosso, rancio, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto.

Il rosso è il colore meno rifrangibile; il violetto lo è più d'ogni altro. Tutti i colori naturali ed artificiali derivano dalla mistura di questi sette colori. Il bianco è la loro riunione; il nero è l'assenza di tutti insieme.

MARIA. Crederei difficilmente che, per fare del bianco, non si richiegga altro se non mescolare tutti i colori che ci avete annoverato.

ALBERTO. Potrebbe darsi che non si potesse più ricomporre il raggio bianco con tutti i raggi colorati, e che tuttavia i raggi colorati derivassero dal raggio bianco.

MORIZIO. State tranquillo su questo riguardo: io posso addurvi una prova palpabile.

Ecco un secondo prisma perfettamente simile a quello che mi serve a formare lo *spettro solare*. Io lo colloco in seguito al primo, ma colla sommità verso il basso. Che ne avviene egli? Fra i due prismi i raggi sono colorati; ripassando attraverso il secondo in senso contrario, essi vanno a formare ad una certa distanza un fascio bianco. Ciò mostra ad evidenza, esservi dispersione d'un medesimo fascio, quando questo fascio passa attraverso il prisma; ma non esservi decomposizione nel senso assoluto del vocabolo.

Ne volete un'altra prova? Raccogliamo sur uno specchio concavo i raggi dello *spettro*: voi sapete che tutti i raggi riflessi vengono a riunirsi in un foco comune. Cercate con un parafuoco bianco il punto di riunione: vedrete allora una

immagine bianca lucidissima. Se collocate poi il parafuoco un po' più in avanti del foco, i colori delle estremità dello spettro riappariranno nel loro ordine: il medio solo è bianco. Se lo collocate un po' al di là, i raggi colorati riappaiono, ma in senso inverso, perchè riunendosi al foco, i raggi s'accrescono continuando più oltre.

Invece d'un parafuoco poniamo un piccolo specchio di metallo piano; gli è un fascio bianco quello che in esso si raccoglie; tuttavia rifletterà uno spettro perfetto. Riunendo tutti i raggi colorati col mezzo di una lente, ottiensi pure al foco un raggio bianco. Lo spettro si riproduce al di là del foco in senso inverso.

MARIA. È cosa pur sempre singolare, ed è un'idea a cui peno avvezzarmi.

MORIZIO. I vostri occhi, Maria, sono in mille circostanze un cattivissimo giudice. Ve l'ho provato orora, e ve ne dirò il motivo. Anzitutto voglio farvi toccare col dito questa verità, che il bianco è la riunione dei colori primitivi dello spettro.

Ecco un cerchio di cartone, d'una grandezza qualunque. Io lo divido in tre zone o liste circolari; una occupa il centro, l'altra i margini, la terza trovasi necessariamente fra le altre due. Annerisco le due prime; e incollo su quella di mezzo piccole fascie di carta alternativamente *rosse, rance, gialle* e via, secondo i colori dello spettro. Quando i sette colori sono collocati, io

ricomincio fino a che la zona sia coperta tutta intiera. Fate intanto girare rapidamente il cerchio sur un tronco qualunque: i colori si confonderanno, perchè l'occhio non avrà tempo di distinguerli: esso sarà colpito in un istante da tutti i colori insieme, e non vedrà perciò che un cerchio bianco.

ALBERTO. Questa prova è affatto meccanica, è per me assai più convincente che non le altre.

MORIZIO. Del resto, quando io v'ho parlato dei sette primitivi colori, gli è per conformarmi all'uso: non v'hanno già sette colori, ma sibbene un'infinità di colori differenti, i quali passano per gradazioni estremamente delicate che l'occhio non può comprendere. Il rosso estremo non ha la stessa gradazione: è ben visibile che il rosso confina col rancio. Lo stesso dicasi degli altri colori.

MARIA. Con questi colori primitivi possono eglino riprodursi tutti gli altri colori?

MORIZIO. Sicuramente, secondo il nostro principio. Prendete sette specchi montati sur un piede mobile in tutti i sensi, e disponeteli in modo da raccogliere ciascheduno dei colori dello spettro nella camera oscura. Poi dirigete i colori raccolti in ciascheduno specchio sur un parafulco bianchissimo: vi sarà così facile verificare le gradazioni che diversi mesugli possono rendere. I sei ultimi colori danno una tinta *azzurrognola*; aggiungetevi un raggio rosso, e avrete

del bianco *1. Due colori distinti d'un grado vi daranno il colore intermediario. Infine, se voi volete servirvi di ciò come d'un giochetto, otterrete una folla di fenomeni più curiosi uno dell'altro, e che vi faranno passare di sorpresa in sorpresa.

ALBERTO. L'apparecchio de' sette specchi per accoppiare i colori, debb'essere alla pittura utilissimo.

MORIZIO. Se volete che i pittori possano trovare in tutta la purità le gradazioni maravigliose con cui esercitare il loro genio, avete ragione: ma se volete costringerli a mescolare i loro colori secondo l'indicazione data dall'apparecchio, v'ingannate a gran partito. I colori che si veggono sulla tavolozza del pittore non sono già puramente e semplicemente come quelli dello spettro: essi sono *materie* coloranti o colorate, che hanno una certa opacità capace di opporsi spesso ad una fusione compiuta dei colori: importa tener conto di questo inconveniente.

ALBERTO. Ogni specie di luce dà ella i sette colori primitivi dello spettro?

MORIZIO. Nessuna luce artificiale dà un colore che non si trovi nello spettro solare. Non si conosce una luce che riproduca con proporzioni relative la luce del sole: ogni luce ha i suoi particolari caratteri. Le sue gradazioni sono sem-

*1 Newton diede una costruzione col mezzo della quale si può fare, col solo calcolo, le sperienze medesime.

pre più o meno composte di colori semplici: si possono decomporre col prisma.

ALBERTO. Possiamo allora prevalerci del prisma per esaminare le differenze che passano fra la luce data dal tal corpo e quella data dal tal altro.

MORIZIO. Sì certo: soprattutto se si ponga in uso l'apparecchio di Fraüenhofer, vale a dire una lente che ingrossa moltissimo, convenientemente disposta per ricevere lo spettro reso dal prisma. Si vede che questo spettro è formato da una quantità di piccole linee diritte d'una grossezza irregolarissima, alternativamente nere e lucide. Il loro numero, la loro forma, il loro splendore varia nelle differenti luci naturali od artefatte.

MARIA. Parmi abbiate già detto, che i colori non esistono negli oggetti colorati, ma essere il sole che li colora. Voi ci avete promessa su questo riguardo una spiegazione.

MORIZIO. La spiegazione ora è semplicissima. Il collocamento delle molecole dei corpi li rende proprii a riflettere tale o tal altro raggio luminoso, ad esclusione dei rimanenti. Quando un corpo è bianco, esso riflette i fasci intieri: quando è rosso, riflette i raggi rossi: quando è verde, i verdi, e così dicasi degli altri. I raggi che non sono riflessi si assorbono tutti dal corpo. Gli è in questo senso che voi m'avete inteso dire, non essere il colore inerente ai corpi, ai quali altro non s'appartiene che la proprietà di riflettere

più un raggio che l'altro. Voi comprendete benissimo, che questa proprietà può cambiare cambiando la disposizione delle molecole.

ALBERTO. Veggo adesso come un albero, per esempio, cambia così facilmente di colore in ogni sua parte. È un laboratorio perpetuo di chimica. Nella bella stagione, vi si fanno combinazioni e decomposizioni continue. Benchè sia sempre la sostanza medesima in gran parte, basta che questa sostanza subisca una modificazione novella, un cambiamento d'aggregazione delle molecole, per dar luogo ad un cambiamento di colore.

MORIZIO. La facilità che le diverse rifrazioni ci presentano per decomporre la luce, non è sempre un vantaggio. Nella fabbricazione degli strumenti d'ottica, è un inconveniente gravissimo. Quando un fascio di raggi luminosi è raccolto da una lente, prova la rifrazione; i raggi colorati prendono una direzione diversa: il violetto s'allontana più che il rosso. Ne segue però che al foco, in cui si riuniscono la maggior parte de' fasci, trovansi de' raggi sparsi al di fuori del punto luminoso. Questi raggi tracciano la loro immagine colorata attorno al foco e nucono alla visione distinta dell'oggetto che si contempla.

Si credette lungamente, sulla fede di Newton, eh'era impossibile correggere questo difetto: ma ciò è un errore. Newton pensava che la *dispersione* dei raggi luminosi attraverso i corpi

trasparenti fosse sempre proporzionata alla rifrazione; ma Dollond provò pel primo, esservi de' corpi trasparenti, i quali *disperdono* la luce proporzionatamente più che non la *rifrangano*.

MARIA. Io non comprendo la differenza che voi ponete tra *rifrazione* e *dispersione*.

MORIZIO. La comprenderete tosto. Nella rifrazione, i raggi luminosi sono deviati dal loro cammino, più o meno secondo la natura del mezzo ch'eglino attraversano. Pare che il mezzo più rifrangibile dovrebbe dare uno *spettro* maggiore, più eguale a pari distanza: gli è ciò che Newton istesso credeva. Ma Dollond ha notato dopo lui, che i mezzi più refringenti davano allora uno spettro più piccolo, e reciprocamente. Così fa duopo confessare, che i corpi trasparenti, oltre alla proprietà ch'essi hanno di rifrangere i raggi, fanno loro provare una *dispersione*, che spiega più o meno questi raggi sul parafofo dove lo spettro va a dipingersi.

Ecco dunque ciò che avviene quando un fascio traversa una lente per dipingervi l'immagine d'un oggetto. Sia la freccia a *1, di cui l'immagine traversa la lente indicata sulla figura.

I raggi violetti essendo più rifrangibili, s'allontaneranno di più, e anderanno a formare in $f g$ un'immagine violetta dell'oggetto. I raggi rossi, i meno rifrangibili, anderanno a formare

*1 Veggasi la figura 36 alla lettera D.

in $h i$ un'immagine rossa. Fra queste due immagini se ne formerà una rancia, una gialla, una verde e via. È certo che, per colui il quale vedrà queste immagini dal punto o , la maggior parte dei raggi si confonderanno, eccetto i più rifrangibili, verso i margini, perocchè essi si sparpaglieranno tutto intorno. Così l'immagine non sarà limpida che nel cono $i o h$ per l'occhio che la vedrà dal punto o . Tutta la parte di $g o f$ che sorpassa, non renderà che un'immagine colorata.

Comprenderete ora che, se io faccio passare il fascio attraverso una lente che disperde meno i raggi violetti, potrò costringerli a non sorpassare $h i$: otterrò lo stesso risultato disperdendo di più $h i$ per renderlo quasi eguale a $g f$.

Ecco ciò che dicesi in fisica *acromatismo*. Una *lente acromatica* è una lente in cui si sono combinati i vetri in modo, da impedire ai margini degli oggetti di colorarsi. Ora sono gli obiettivi (vetri rivolti verso l'oggetto) che sono acromatici; ora sono gli oculari (vetri rivolti all'occhio) a cui si dà una disposizione conveniente. Voi indovinate, senza forse conoscere chiaramente come ciò si opera, che due vetri collocati uno contro l'altro, incassati uno nell'altro, acromatizzano due colori, lasciando sussistere la dispersione degli altri. V'abbisognerebbero altrettanti vetri differenti quanti v'hanno colori primitivi: ma tutt'al più tre soli vetri si adoprano.

Temerei d'oscurare le semplicissime nozioni che vi ho date dell'acromatismo, entrando in più minuti ragguagli: tale questione è una delle più delicate in fisica. Basta che per voi si comprenda bene la causa della dispersione e si vegga nello stesso tempo il modo di portarvi rimedio.

Accostiamoci ora alla descrizione dei principali strumenti ottici, che più importa conoscere.

Il più importante è senza contrasto l'occhio: noi possiamo studiarne la forma.

FIGURA 37.

L'occhio ha una forma quasi rotonda, come lo vedete nella figura, eccetto al punto *a b* in cui si trova la pupilla: è un po' convesso verso questo punto. L'involuppo esteriore dell'occhio dicesi *cornea trasparente* sulla pupilla, e *cornea opaca* su tutto il resto. Volgarmente la cornea opaca prende il nome di *bianco dell'occhio*. Essa non serve già alla visione, che si compie intieramente attraverso la cornea trasparente. Quest'ultima contiene un liquore nominato *umore acquoso*, dietro il quale trovasi l'*umor vitreo* che riempie tutta la capacità *e f* dell'occhio. L'umore acquoso e l'umor vitreo sono separati da una membrana colorata che dicesi *liride*: questa membrana che voi vedete attraverso l'umore acquoso e che dà il colore azzurro, grigio, nero e via alla vostra pupilla, è forato nel mezzo d'un foro chiuso

da una vera lente cd che dicesi cristallino. Tutto l'interno della cornea opaca è ricoperto dal nervo ottico che si spande in fondo all'occhio e chiamasi *retina*.

MARIA. Come si può egli *vedere* con uno strumento cosiffatto?

MORIZIO. La pupilla ab è una prima lente convessa, che concentra i raggi luminosi a misura ch'essi si presentano all'occhio. L'iride gh non permette che ad una parte di questi raggi di passare attraverso il cristallino, altra lente convergentissima. Vedete dunque come i raggi, traversando questa lente, vanno a dipingersi in fondo all'occhio sulla retina.

Così gli oggetti esteriori mandano all'occhio de' raggi che vanno a pingere in fondo all'occhio una immagine piccolissima pure esatissima degli oggetti esterni: siccome un raggio di sole va a dipingersi nella camera nera, sia o no rifratto dal prisma o da una lente.

MARIA. Veggo bene che gli oggetti si disegnano nell'occhio; ma non basta che una cosa sia disegnata nell'occhio....

MORIZIO. Importa ancora che la nostra anima la percepisca, non è egli vero? Se mi chiedete come l'anima umana percepisca le sensazioni, mi vedrei costretto a rispondervi, che se molti oggetti fisici sfuggono ancora alle nostre indagini, a più forte ragione non ci daremo incarico di spiegare come un principio immateriale, come

l'anima umana, percepve le differenti impressioni dei sensi *1.

Se vi contentate di chiedermi come l'immagine d'un oggetto può cambiarsi in sensazione, voi adesso potreste rispondere alla questione altrettanto bene. L'immagine riposa sur un tessuto nervoso, la retina, o per parlare più esattamente, ciaschedun raggio luminoso viene ad affettare alla sua maniera un punto di questo tessuto: questo affettare che s'opera d'un nervo sensibilissimo, è quello che par costituire la sensazione della vista.

MARIA. Io peno molto a comprendervi.

MORIZIO. Senza dubbio questo genere d'indagini non vi è familiare; esso vi sorprende, e voi dubitate anche in faccia a migliori prove, quando elleno vengono a distruggere una specie di abito. Tuttavia debbo convincervi adottando un paragone che meglio capirete. Chiudete gli occhi, Maria.... Benissimo. Adesso ditemi ciò ch'io tengo in mano.

MARIA. Non posso vederlo; ma se mi permettete di toccare....

MORIZIO. È qui precisamente ch'io vi voleva.

*1 Gli animali hanno, come l'uomo, la percezione delle sensazioni ch'essi provano. Ciò che costrinse i filosofi ad ammettere in essi un principio distinto dalla materia, ch'eglino dissero anima delle bestie, senza volerla in nulla paragonare all'*anima umana*, libera, intelligente, capace di conoscere il bene ed il male.

MARIA. È una specie di moneta essa è molto grande: debb'essere una pezza da cinque lire.

MORIZIO. Può anche essere una medaglia?...

MARIA. Ordinariamente le medaglie hanno più rilievo. Sento la faccia sotto il mio dito: è una faccia larga, probabilmente quella di Luigi XVIII; è rivolta a sinistra, mentre quelle di Napoleone e di Luigi Filippo sono a dritta. Sento inoltre che v'ha uno scudo gigliato al rovescio; parmi di sentire scritto sotto il dito: *cinque franchi*. Se avessi l'abitudine, paragonerei meglio e non ondeggerai a rispondere.

MORIZIO. Siete ben sicura che questa pezza da cinque franchi non è di pasta quali ne vendono i confettieri?

MARIA. Oh! sì; il peso me lo dice, se ne sospettassi, distinguerei al suono s'ella è o non è di metallo. Persone più di me esperte conoscono col suono solo se la pezza è vera o falsa.

MORIZIO. Ecco che toccando voi potete rendervi conto di questa pezza da cinque franchi che tenete in mano. Voi entrate a questo riguardo in grandi particolari; tuttavia il toccare in voi è un senso molto imperfetto, e non avete l'abitudine di questa specie di giudizio. Ebbene, perchè volete voi che un nervo a ciò destinato, colpito ad una volta da tutti i punti luminosi d'un oggetto, non riceva un'impressione analoga?

ALBERTO. Questa spiegazione mi dimostra perchè noi non teniamo conto della riflessione, e

perchè noi vediamo gli oggetti in uno specchio come se fossero dietro ad esso. Gli è perchè noi non perceviamo altro che il raggio, il quale percuote la retina, senza vedere la traccia del cammino preciso ch'esso percorre.

MARIA. Come giudichiamo noi le distanze? Perocchè io so benissimo che quell'albero è più lontano della casa che io veggo a me davanti. Quel campanile lo è ancora di più.

MORIZIO. L'esperienza ci prova che talvolta dobbiamo diffidare assai assai delle indicazioni che ci vengono date dalla sola vista. Avete veduto talora de' bei quadri; ma vi era impossibile scoprir da lontano, coll'aiuto degli occhi, se dinanzi a voi stavano delle figure o un magnifico paesaggio. Quando le decorazioni del teatro sono eseguite con diligenza, l'illusione è d'ordinario perfetta. Per iscoprire la verità, importa *toccare* gli oggetti, o avvicinarli tanto, perchè gli effetti colorati dal pittore sur una data distanza più non si riproducano.

MARIA. Come mai il pittore può egli produrre questa illusione?

MORIZIO. In due modi: o rappresentando più piccoli gli oggetti più lontani, o *digradandone* le tinte. L'abitudine che noi abbiamo di giudicare della grandezza degli oggetti alla semplice veduta, ci permette di conchiudere la loro assoluta grandezza dall'apparente dimensione.

Eccoci all'ingresso d'un viale dove tutti gli

alberi sono poco più poco meno collocati alla distanza medesima, e poco più poco meno sono tutti eguali. Vedete nulladimeno all'altro capo; essi paiono vicinissimi e piccolissimi. L'apertura attraverso cui si vede il cielo, è piccolissima essa pure; tuttavia il giardiniere usa grande attenzione nel tagliare tutti i suoi alberi ad un'altezza.

MARIA. Perchè dunque gli oggetti così s'impiccioliscono?

MORIZIO. Non è già l'oggetto che s'impicciolisca, è l'angolo sotto il quale noi lo vediamo.

Prendete questo compasso e apritelo in modo da comprendere fra i due bracci, poco più poco meno verso il mezzo, il diametro d'una pezza da cinque franchi. Se voi supponete i bracci prolungati d'uno o due centimetri al di là della nocella, essi formeranno anche da questa parte un angolo. È chiaro che se volete collocare la vostra pezza da cinque franchi' fra i bracci, ma alle punte, il compasso non ha bisogno d'essere così aperto. L'angolo compreso fra questi bracci sarà più piccolo, e l'angolo formato dal prolungamento sarà piccolo quant'esso. Ebbene, i bracci di questo compasso aperti ad un certo grado vi rappresentano benissimo i raggi estremi, che l'occhio può abbracciare senza cambiar di luogo. L'occhio è collocato alla nocella, volea dire al punto in cui i raggi s'incrociano. Un oggetto, come questo scudo, invia all'occhio de' raggi di cui i due estremi figurati dai due bracci del

compasso vanno a formare la loro immagine in fondo all'occhio dopo essersi incrociati nella pupilla. Questa immagine è più piccola se la moneta è più lontana, perchè ella è veduta sotto un angolo minore.

ALBERTO. In questo caso dovremmo vedere gli oggetti riversati, poichè i raggi s'incrocicchiano.

MARIA. Di più, noi non dovremmo vedere che un'immagine piccolissima, poichè questa immagine è contenuta intieramente nell'occhio.

MORIZIO. Ciò dovrebb'essere se voi considerate l'anima come uno spettatore collocato dietro all'occhio, che vedrebbe l'immagine così formata. Gli è in effetto ciò che avviene, quando si prende un occhio di bue o di montone preparato di fresco, il quale s'assottiglia alcun poco di dietro per lasciargli trasparenza e che si colloca alla apertura fatta nell'imposta d'una camera oscura. Ma l'anima non percepisce già un'immagine: essa percepisce delle sensazioni prodotte dai raggi emanati da un corpo qualunque sul nervo ottico. L'anima non *vede*, ma *giudica*.

Ciò provasi ancora dall'esperienza. Prima di avere acquistato una certa abitudine, non s'ha idea della distanza dei corpi giudicandone colla sola vista. I fanciulli stendono la mano per toccare ciò che è lontano da loro come ciò che è loro vicino, finchè a forza di sperienza si accostumano a vedere gli oggetti, non come appaiono, ma come sono realmente.

Così la piccolezza relativa degli oggetti che noi vediamo, o piuttosto la piccolezza dell'immagine che se ne forma in fondo all'occhio, è per noi un primiero indizio che ci fa giudicare la distanza. È necessario per ciò che noi abbiamo de' punti ben conosciuti di paragone.

Per esempio, sur un quadro, un fiume che, nel primo modello, sarà larghissimo, non formerà più, nella parte del quadro che rappresenta, la lontananza, se non un piccolo filo argentato.

L'illusione prodotta da un quadro non proviene solo dalla piccolezza relativa degli oggetti più lontani: ella deriva pure dalla degradazione delle tinte. Gli oggetti più lontani riflettono altrettanti raggi che se fossero più vicini; ma siccome li rimandano in tutti i sensi, pochi ne giungono ai nostri occhi. Questi oggetti ci sembrano dunque meno rischiarati, e li perceviamo meno distintamente; epperò li giudichiamo più lontani degli altri che ci sembrano avere tinte più pronunziate. Chiudete la mano in guisa da formarne una specie di lente, attraverso alla quale guarderete gli oggetti che distano da voi qualche passo, per esempio, su questo camminetto. Questi oggetti invieranno un numero minore di raggi al vostro occhio, e voi li giudicherete più lontani, benchè vi sia benissimo nota la loro distanza. L'aria, sempre carica di vapori, aiuta altresì la degradazione delle tinte e la rende più sensibile.

Un pittore produce dunque su noi un'illusione perfetta, quando riunisce ad oggetti vicinissimi la grandezza e la tinta che ci parrebbero avere essendo più lontani *1.

MARIA. Noi non avremmo idea della lontananza degli oggetti, che potrebbe ingannarci così agevolmente se non ci rimanessero questi mezzi.

MORIZIO. Giudicatene voi medesima. Quante volte non vi è egli accaduto, quando passeggiate di notte, di vedere una luce senza poter dire s'ella è più o meno da voi lontana? Voi in realtà non giudicate la sua distanza, se non per mezzo delle modificazioni che la luce vi par provare, a misura che ve le accostate.

ALBERTO. Mi sovvengo che vedendo lo splendore d'un incendio nella pianura, tutto il villaggio, una notte, si è fatto sollecito di correre

*1 L'abitudine ci dà inoltre alcuni altri mezzi di giudicare le distanze. L'occhio è costretto a disporsi in una tal quale maniera per acquistare una vista tanto quant'è possibile distinta dell'oggetto. La cognizione che noi abbiamo di questa disposizione dell'occhio ce ne fa giudicare la lontananza. Quando noi riguardiamo un oggetto con ambi gli occhi, dobbiamo dare al loro asse ottico un'inclinazione di cui non ci rendiamo conto, ma dalla quale noi ricaviamo a nostra insaputa delle induzioni sulla distanza degli oggetti.

Quando gli oggetti sono molto lontani, perchè gli assi ottici degli occhi siano sensibilmente paralleli, ci è assai più difficile, e spesse volte impossibile giudicare della lontananza.

in aiuto, credendo il fuoco a due passi: egli era lontano più di tre leghe. Gli è perchè non v'era trammezzo alcun oggetto a cui paragonarlo.

MORIZIO. Ciò che v'ho detto sulla visione basta per farvi bene rettificare alcuni errori che ancora possono essere in voi su questo rapporto. Non aggiungerò che una parola sulle differenti specie di vista.

La maggior parte degli uomini vede distintamente certi oggetti, per esempio, i caratteri ordinarii di stampa, ad una distanza di 27 a 50 centimetri. Si può vedere più dappresso e più da lontano; ma l'occhio allora è costretto di fare uno sforzo, per contrarsi o dilatarsi, altrettanto più grande, quanto più s'allontana da questa distanza. Diconsi *buone viste*, *viste mediocri* quelle che hanno questo carattere. Ma voi vedete molti uomini leggere con lenti od occhiali: quella non è certo la *vista buona*. Talvolta hanno la stessa misura di lunghezza, ma il nervo ottico è troppo sensibile ai raggi del sole: si sopprimono allora alcuni raggi, costringendo la luce bianca a traversare un vetro colorato in azzurro o violetto.

Altri poi, i vecchi particolarmente, veggono molto lontano, e sono obbligati a discostare il libro dagli occhi più di un metro: alla distanza ordinaria, di 27 centimetri, la loro vista è confusa. Gli è perchè la cornea e il cristallino non sono più abbastanza convessi per incrociare i raggi in modo da riunirli convenientemente: *l'imma-*

gine tende a formarsi al di là della retina. Infine, v'hanno altri, principalmente i giovani, che sono tocchi dal difetto opposto: la loro vista è *troppo corta*. Eglino si trovano costretti, affine di poter leggere, a tenere il libro vicinissimo agli occhi, i quali sono troppo convessi, e costringono i raggi a convergere e ad incrociarsi troppo presto: *l'immagine si forma al di qua della retina*; il nervo ottico non riceve i raggi che quando sono incrociati novellamente e dispersi.

ALBERTO. Son coloro che diconsi *miopi*, n'è vero?

MORIZIO. Sì; e gli altri, quelli che hanno la vista troppo lunga, si chiamano *presbiti*. Vediamo ora come si è giunti a correggere questi difetti della vista.

MARIA. Portando occhiali. Ma resta a sapersi come le lenti agiscano per ristabilire la vista.

MORIZIO. Voi stessa mi direte qual genere di vetri è necessario ai presbiti, e quali ai miopi.

Il difetto dei presbiti è di non poter far convergere abbastanza i raggi per riunirli sulla retina: importa ch'eglino veggano gli oggetti sotto un angolo più piccolo. Perciò essi li allontanano, locchè sovente incomoda troppo. Una lente non potrebb'ella far convergere i raggi?

ALBERTO. Sicuro, una lente convessa concentra i raggi come se venissero sotto un angolo minore *1.

*1 Veggasi la figura 36 alla lettera B. I raggi che non dovrebbero riunirsi se non in *c f d*, convergono più oltre e si ricongiungono per la rifrazione della lente in *a e b*.

MARIA. Sono allora vetri concavi che importa adoperare pei miopi, perocchè importa impedire invece ai raggi di convergere *1.

MORIZIO. Le lenti dei presbiteri e dei miopi sono dunque lenti più o meno convergenti, più o meno divergenti secondo il grado di miopia o di presbitia della persona. Un calcolo facile a farsi, indica ai fabbricanti il grado di convessità o di concavità necessaria.

Se voi comprendete ciò perfettamente, alcune parole basteranno a darvi un'idea della maggior parte degli altri strumenti d'ottica.

La LENTE o *microscopio semplice*, non è che una lente molto convergente, di cui usano ad ogni momento i botanici, gli orologiai e simili, per distinguere le piccolissime cose. Un oggetto collocato sotto la lente converge verso l'occhio per effetto della convessità: l'occhio lo vede dunque come se fosse più grande e più lontano, al punto preciso ove dovrebbe essere per formare senza deviazione l'immagine dipinta in fondo all'occhio: perocchè vi è noto che l'occhio non tiene conto della deviazione de' raggi che si dipingono sulla retina.

La CAMERA NERA voi già la conoscete. Quando ci chiudemmo in un gabinetto, di cui vennero da

*1 Veggasi la figura 36 alle lettere A B. I raggi che dovrebbero riunirsi in cfd , divergono più innanzi e si ricongiungono in $ae b$.

noi chiuse le imposte per lasciarvi introdurre un solo raggio luminoso, facemmo appunto una *camera nera* o *camera oscura*.

FIGURA 38.

Del resto, non si dà sempre a questo vocabolo una significazione molto ristretta: la camera nera non è talvolta che una specie di scatola di cui eccovi la figura. $M M'$ è uno specchio convenientemente inclinato per riflettere i raggi luminosi emanati da diversi oggetti, e qui figurati da linee divise per gradi. Lo specchio riflette questi raggi, di cui potete seguire la traccia attraverso la lente L , che li fa convergere in modo da formare un'immagine limpida sul fondo T della scatola. Se questa scatola è sostenuta solidamente sur un piede, un disegnatore può passare una parte del corpo da un'apertura di cui vedete il profilo, e che si trova rinchiusa dietro a lui da una cortina molto spessa per non lasciarvi penetrare il giorno. Tracciasi così benissimo colla matita il paesaggio che si trova dietro l'artista, e che lo specchio $M M'$ ha riflesso.

Daguerre trasse un partito meraviglioso dalla camera oscura, costringendo i raggi emanati dagli oggetti a formare sur una superficie piana, preparata e posta in fondo alla camera, un'immagine incancellabile.

ALBERTO. Ciò mi pare molto straordinario: come mai questi raggi possono lasciare dietro

di loro una traccia? perocchè il loro passaggio è molto leggero, io credo.

MORIZIO. V'hanno corpi che cambiano facilmente di colore ai raggi del sole. Il sole, Maria, vi fa dispetto, quando fa ingiallire così sgradevolmente i vostri cappelli di paglia, mentre ne scolora le fettucce. Noi non abbiamo qui ad esaminare l'azion chimica favorita dall'azione del sole *1. Vi basti sapere che una piastra d'argento esposta al vapore dell'iodo, e quindi ai raggi riflessi da un oggetto esteriore nella camera nera, riceve una tale impressione da questi medesimi raggi, che il vapor di mercurio aderisce in appresso alla piastra proporzionatamente all'azione dei raggi, e segna un'immagine fedele dell'oggetto.

MARIA. Vi vuol egli molto tempo ai raggi riflessi per imprimere sulla piastra d'argento l'immagine dell'oggetto?

MORIZIO. Da dieci a trenta minuti bastavano appena all'epoca dell'invenzione; ma la scoperta di Daguerre progredì col tempo. Fizeau ha trovato il mezzo di trasportare le immagini daguerriane sur una foglia di rame, che una corrente galvano-plastica viene a deporre, molecola per molecola, come vedremo più sotto, sulla loro superficie. Quindi Bayard e Talbot trovarono a

*1 Veggansi i nostri *Trattenimenti sulla Chimica*, vol. II, pag. 44 e seg. Ciò che noi dicemmo su questo rapporto è già vecchio: il daguerrotipo ha rapidamente progredito. Noi ne ricordiamo qui i principali perfezionamenti.

loro posta il mezzo di sostituire una carta preparata alla piastra d'argento adoperata dapprima da Daguerre. Berres di Vienna ha inciso le immagini sulla piastra medesima ove sono raccolte: ciò che dà una fedeltà grande all'incisione e diminuisce il lavoro. Ha qualche tempo che Daguerre annunziava all'accademia, esser egli sulle tracce d'una scoperta più curiosa ancora, perocchè non vivorrà che un mezzo secondo di minuto perchè il daguerrotipo ritragga la forma degli oggetti; attalchè, disse Arago rendendo conto di questo perfezionamento, si potrà daguerrotipare un vascello sulle onde nella più violenta tempesta. Becquerel pare avere indovinato il segreto di Daguerre fin allora non scoperto, e l'ha sottomesso all'accademia. Egli seppe districare da un fascetto luminoso di raggi altri raggi detti da lui *continuatori*, e che hanno la proprietà di finire un'immagine esposta un solo momento alla luce riflessa degli oggetti esteriori. Questi raggi sono i raggi rossi dello *spettro solare*. Ma non crediate che sia necessario decomporre i raggi luminosi con isforzo grandissimo del prisma: basta lasciar pervenire sull'immagine i soli raggi rossi, coprendo l'apertura con un vetro colorato in rosso. Gaudens tirò tale partito da questa idea, che trovò mezzo d'offrire all'accademia paesaggi correttissimi, in cui sono perfettamente disegnate alcune nubi disperse dal vento. Non si sa ancora dove andrà a finire questa ma-

ravigliosa invenzione appena nascente, e che ha già progredito con sì rapido passo.

Il daguerrotipo non ha più che lo contrasti e ne diminuisca il pregio, se non il modo dilavato e lucente delle sue tinte.

ALBERTO. Non occorrerà servirsi della CAMERA CHIARA come fanno molti viaggiatori per disegnare in passando un paesaggio.

MARIA. Che cos'è la CAMERA CHIARA?

FIGURA 39.

MORIZIO. È ancor meno una camera chiara che la *camera nera*. È semplicemente un prisma quadrangolare che ha un angolo retto A e un angolo ottuso B di 135° . La faccia A C del prisma è girata verso l'oggetto da disegnarsi. Un raggio X che entra nel prisma, segue la direzione della linea puntata fino al segno O. Se l'occhio si colloca in O e guarda verso T, vedrà nello stesso tempo il punto X per riflessione e il punto T direttamente. L'occhio confonderà questi due punti: con una matita si potrà segnare il punto X in T sur una carta. Gli altri punti del paesaggio formeranno egualmente nell'occhio delle immagini che appaiono in punti simmetrici sulla carta, e che potranno pure venir disegnate.

Camera chiara dicesi dunque questo prisma quadrangolare, montato sur un piede, accompagnato da vetri a colore per diminuire l'intensità dei raggi quando ciò è necessario. Ma lasciamo

questi apparecchi per parlarvi di strumenti che voi meglio conoscete.

Vi è già noto che la LANTERNA MAGICA forma una scatola quadrata, in cui una delle superficie è munita d'un tubo. Vi è noto inoltre che vi si introduce una lampada con un gagliardo riflettente, o piuttosto uno specchio metallico concavo. Vi è noto infine che i soggetti, cui la lanterna magica rappresenta, sono dipintisi la stre di vetro che si fanno sdrucciolare in una sezione trasversale del tubo. Bene: conoscerete prestissimo l'intiero apparecchio. Immaginatevi delle lenti convergenti che hanno per iscopo di concentrare la luce sull'immagine della lastra di vetro; immaginatevi di più un'ultima lente destinata ad amplificare sufficientemente questa immagine all'uscire del tubo, e comprenderete come gli oggetti vanno a dipingersi nella naturale loro grandezza sur una tavola in mezzo alle tenebre.

MARIA. Come! la lanterna magica non è dunque che tutto questo?

MORIZIO. Ciò vi sembra semplice ora che i principii vi sono fatti famigliari dacchè io ve ne discorro; ma la lanterna magica ebbe il privilegio di eccitare per lungo tempo la vostra ammirazione, al punto che voi non potete credere esser ella così semplice cosa.

La specie d'illusione che voi conoscete sotto il nome di FANTASMAGORIA, non è che una modificazione della lanterna magica. Gli oggetti sono

formati e rischiarati nel modo stesso; solamente l'apparecchio si colloca in guisa da poter girare senza rumore, affine d'essere mantenuto ad una distanza più o meno grande del quadro su cui gli oggetti si vanno a dipingere. Nella lanterna magica il quadro che raccoglie l'immagine degli oggetti può essere semplicemente un muro bianco, una cortina e simili, perocchè si vede l'immagine direttamente. Il quadro d'una fantasmagoria è una tela intonacata di cera, e abbastanza trasparente per lasciar vedere l'immagine agli spettatori che vanno dall'altra parte.

Se si colloca il vetro dipinto presso al foco della lente, non si vedrà sul quadro che un piccolo punto luminoso lontanissimo, che s'ingrandirà e parrà avvicinarsi a misura che il vetro s'allontana dal foco della lente.

MARIA. Gli è dunque ciò che mi ha tanto colpita al teatro. I morti, i demonii, i mostri più straordinarii parevano vomitati dall'inferno e slanciati su noi con una rapidità spaventosa. Parea che si sarebbero toccati col dito.

ALBERTO. Questa è un'altra prova che gli occhi possono ingannarci sur una distanza. Le tenebre sono folte; nulla assolutamente si vede, se non l'oggetto luminoso, e si giudica avvicinarsi perchè ingrandisce. Che cattivi giudici sono mai i nostri occhi!

MORIZIO. Il quadro non cambia già di luogo; ma si è costretti a far progredire o retrocedere

la lanterna quando s'avvicina o s'allontana il vetro dal foco della lente. Questi movimenti chieggono una grande precisione, perchè l'immagine formata sul quadro sia sempre limpida.

MARIA. Ora la fantasmagoria non mi farà più paura: so a che cosa si riduce.

MORIZIO. V'ingannate, Maria: le illusioni fantasmagoriche fanno sempre una impressione sull'anima nostra, anche sull'anima di colui che le produce: tanto elleno sono perfette, tanto la nostra vista è impotente a renderci conto di ciò che si passa.

I MICROSCOPII COMPOSTI hanno una certa analogia colla lanterna magica. Quando uno non si serve che d'una lente per ingrandire gli oggetti, l'aumento di essi è eccessivamente limitato, perchè a meno di moltiplicare le *aberrazioni di sfericità*, di cui già tenemmo parola, non si può dare alle lenti più di 30 gradi. D'altronde, le lenti piccolissime sono molto difficili a lavorarsi. L'uso de' microscopii composti propaga mirabilmente le nostre indagini attraverso ad esseri infinitamente piccoli. Eccone un modello:

FIGURA 40.

a b Oggetto che si vuole esaminare.

l m Specchio che invia all'oggetto quanto è possibile di luce.

c Prima lente che, se fosse sola, darebbe in *e d* un'immagine dell'oggetto.

f Seconda lente destinata a produrre l'acromatismo dei margini formando l'immagine in *g* a luogo di *e d*.

h Terza lente attraverso la quale si guarda l'oggetto o piuttosto la sua immagine in *g*, e che, amplificandola, la fa parere in *i k*.

Il solo scorrere la spiegazione della figura, può darvi idea d'un meccanismo che ora debb'esservi famigliarissimo. Essa vi darà nel tempo stesso un esempio delle combinazioni differenti dei vetri per produrre un dato risultamento.

Si perfezionarono considerevolmente in questi ultimi anni i microscopii, sia concentrando sull'oggetto i raggi dello specchio col mezzo di molte lenti, sia presentando all'osservatore, non già l'oggetto medesimo, ma un'immagine perfettamente rischiarata col mezzo dei raggi accumulati, per così dire dal sole, o per mezzo dei raggi della luce la più limpida che noi possiamo produrre *1.

ALBERTO. Perchè dunque tanta luce?

MORIZIO. Se voi fate apparire alta d'un metro l'immagine d'un oggetto, che in realtà non è alta più d'un millimetro, e che la vostra immagine non sia rischiarata se non dai raggi che cadono sur una superficie di un millimetro, voi non ver-

*1 Questa luce risulta dalla combustione del gaz idrogene nell'ossigene puro. Ella è intensissima e rifulgente come quella del sole. Lo strumento prende allora il nome di *telescopio a gaz ossidrogene*.

rete ad avere che un'immagine oscurissima. Gli è per ciò che si condensa tanta luce quanta n'è possibile sull'oggetto. Il microscopio della Facoltà delle scienze a Parigi, produsse un ingrandimento di 4155 volte l'oggetto in diametro, e 17 milioni di volte in superficie.

Non ho più che una parola a dirvi de' TELESCOPII e delle LENTI. La parte essenziale d'un telescopio è uno specchio concavo di metallo che è girato verso l'oggetto: esso ne rende ad un punto conosciuto un'immagine riversata. Gli è quest'immagine che trovasi rimandata all'occhio per mezzo d'un piccolo specchio dirigente i suoi raggi attraverso un'apertura fatta nel centro dello specchio maggiore. V'ha dunque doppia riflessione: dapprincipio, per formare un'immagine, in seguito, per rifletterla all'occhio. È il fenomeno della luce rinviata da uno specchio all'altro, con questa differenza che in una sala con specchi piani l'immagine più non varia, mentre che gli specchi dei telescopii cambiano la dimensione degli oggetti, e non si riceve l'immagine stessa se non attraverso lenti abbastanza ingrossanti. V'hanno dei telescopii in cui si sostituisce un piccolo specchio convesso al piccolo specchio concavo: esso debb'essere collocato al di qua dell'immagine invece d'esserlo al di là. Questo telescopio è per conseguenza più corto dell'altro: esso è d'altronde meno soggetto alle aberrazioni di sfericità. Infine Newton adoperava

un piccolo specchio piano, che sotto un angolo di 45° rinviava l'immagine lateralmente, poco più poco meno come nella camera nera.

MARIA. A che servono eglino i telescopii?

MORIZIO. I telescopii non servono che a vedere oggetti lontani troppo perchè i raggi che ne emanano, sembrano paralleli: è un seguito della stessa disposizione degli specchi, che nasconderebbero una parte dell'oggetto.

Le lenti composte di vetri senza specchi hanno un impiego molto più esteso e assai più svariato.

Nel 1610, i figliuoli d'un fabbricante di occhiali, mentre giocherellavano con vetri, disposero, come si narra, per caso in un cartone rotolato in forma di tubo due vetri d'occhiali di diversa natura: uno apparteneva alle lenti di presbita, l'altro a quelle di miope; eglino cercavano scherzando un mezzo di distinguere un gallo sul campanile. L'esito della loro ricerca fece stupire il padre loro, e si sparse tosto a Middleburg, poi in Francia e in Italia, la fama, che si era trovato un mezzo di vedere gli oggetti lontani come se fossero davvicino. Ciò bastò a Galileo per fabbricarsi uno stromento, con cui si pose a studiare a tutto suo agio gli astri del firmamento.

La lente più semplice, la lente di spettacolo, è composta di due vetri; uno *obiiettivo* e l'altro *oculare*: l'obiiettivo è convesso, e tende a riunire in un punto qualunque i raggi luminosi. Ma prima che questa riunione abbia luogo, l'oculare



concavo riceve i raggi e li fa divergere: l'occhio collocato dietro vede dunque l'oggetto più grande di quello che non è realmente, poichè i raggi più divergenti formano un'immagine maggiore.

La lente astronomica si compone essa pure di due vetri, ma convessi entrambi.

ALBERTO. Vedemmo un vetro concavo che serve a ingrossare gli oggetti: eccovi ora un vetro convesso che pure li ingrossa. Come dunque due lenti, di cui lo scopo è così contrario, producono l'effetto medesimo?

MORIZIO. La cosa è semplicissima. Nella piccola lente, voi ricevete sull'oculare concavo i raggi, prima che essi non convergano abbastanza per riprodurre l'immagine: quest'oculare serve a renderli più divergenti ancora.

Nella lente astronomica, al contrario, l'obiettivo fa convergere i raggi, e forma un'immagine all'interno. Un poco al di là di questa immagine trovasi l'oculare, che l'amplifica: è l'effetto della lente che opera sull'immagine, invece d'operare sull'oggetto reale.

ALBERTO. Se è l'immagine che si riguarda e non l'oggetto stesso; quest'immagine debb'essere riversata, mi pare almeno: perocchè l'obiettivo debbe incrociare i raggi facendoli convergere.

MORIZIO. Giustissimo. Si vedono effettivamente in questa lente gli oggetti riversati; ma è un inconveniente molto piccolo quando si guardano gli astri, se uno è prevenuto di quest'effetto.

La LUNGA VISTA ha molti vetri di più che non la lente astronomica: questi vetri hanno principalmente per iscopo di raddrizzare, in un breve spazio, l'immagine riversata dal primo obiettivo. Il principio n'è lo stesso, e s'applica a tutte le modificazioni degli strumenti di cui v'ho parlato.

Ve lo ripeto, non tutti gli strumenti delicati sono acromatici; quando dunque noi abbiamo detto che il tale obiettivo era formato d'una lente, ve n'avevano forse due accollate una all'altra; ma io non doveva ritornare su questa combinazione che vi ho già spiegata. Vedrete di più in molti strumenti assai cose che io non vi ho pure indicate, perocchè come credo che, sopraccaricando le nostre lezioni di particolari, avrei fatto danno alla chiarezza delle mie descrizioni affaticando la vostra mente.

Gli è per lo stesso motivo che non vi parlerò qui della *polarizzazione della luce* *1, benchè questo ramo novello dell'ottica offra interessanti fenomeni. È un oggetto troppo delicato e di cui si fecero finadesso troppo poche applicazioni, perchè sia qui il luogo di farvelo conoscere; è tuttavia la scoperta della polarizzazione che ha fatto comprendere la vera natura della luce, e fa trionfare il sistema delle ondulazioni su quello dell'emissione, oggidì universalmente abbandonato.

*1 Veggasi il Dizionario in fine.

TRATTENIMENTO UNDECIMO.

Del magnetismo e della elettricità.

« I fenomeni del magnetismo e quelli dell'elettricità, che noi passeremo a studiare successivamente, offrono forse maggiore interesse che non tutti quelli dei quali ragionammo finora. Tuttavia, più ch'altra volta mai, io debbo limitarmi a farvi conoscere i fatti da cui le scienze e le arti tirarono partito, e che poterono essere rivolti in vantaggio dell'industria e del ben essere della società.

MARIA. Mi venne data per le mie strenne una scatola, racchiudente piccoli cigni di legno: questi cigni si fanno galleggiare sull'acqua. Quando poi si presenta loro una barra di ferro che fa parte della scatola, s'avvicinano da loro stessi. Dicesi che la calamita ne è la causa.

ALBERTO. La calamita è pure la causa, che fa girare verso il nord l'ago della bussola.

MARIA. E che è ella dunque una *bussola*?

ALBERTO. La bussola ch'io ho veduta non è altro se non una piccola scatola, in fondo alla quale v'ha la *rosa dei venti* colle indicazioni geografiche *nord, est, sud, ovest*. Al centro della rosa dei venti trovasi un perno su cui posa un ago d'acciaio colla forma d'una lozanga e dotato della

facoltà di girare liberamente. S'ha un bel volgere e rivolgere la scatola, purchè ella sia sul piano, l'ago conserva la stessa direzione, o almeno vi ritorna dopo un certo numero d'oscillazioni.

MORIZIO. Voi avete un'idea abbastanza esatta del fatto più importante del magnetismo: importa ora ch'io vi dica brevissimamente ciò che per noi si sa onde spiegare questo fatto, altrettanto più misterioso, in quanto che più incomprendibile ne è la causa.

È lungo tempo dacchè si ebbe osservato, che il ferro di miniera, quando s'accosta sensibilmente allo stato metallico, ha la proprietà di attirare il ferro e d'essere dal medesimo attirato. Gli antichi davano a questo ferro il nome di *calamita* o *pietra di calamita*: la sua proprietà d'attrarre il ferro dicevasi *magnetismo*, dal nome greco che significa calamita. La causa particolare del fenomeno dicesi *fluido magnetico*.

ALBERTO. Ecco dunque un altro elemento.

MORIZIO. Finora indarno si pretende di fissare la natura di questa causa: checchè ne sia, i fatti risultanti dal magnetismo si presentano a noi come se esistesse un certo fluido distinto, che opera gli effetti di cui ci occupiamo.

La proprietà che si osservò dappprincipio nella calamita, è quella d'attrarre il ferro. Gli antichi non ne conoscevano altra. Ecco un tronco di ferro calamitato; esso attira e sorregge questi aghi, e financo questa piccola chiave ch'io gli

presento. V'hanno calamite che, sotto un volume di alcuni centimetri, possono sollevare una massa di cento chilogrammi.

MARIA. Perchè non attira ella dunque delle spille?

ALBERTO. Le tue spille, mia cara sorellina, non sono di ferro: tu non vi hai riflettuto. Esse sono di rame giallo stagnato.

MORIZIO. Effettivamente, la calamita non attira che il ferro e due altri metalli da voi conosciuti, cioè il nichelio e il cobalto.

Finchè si è stati paghi a fare un giocherello di questa proprietà della calamita, le scienze non ne trassero profitto; ma quando si cominciò a voler rendere conto dei fatti, si venne a scoprire una proprietà novella e importantissima nella calamita medesima. Di fatto, se io pongo entro la limatura di ferro questo tronco calamitato, osservo che la limatura non si attacca al tronco egualmente dappertutto. Voi ne vedete appena delle tracce verso il mezzo del tronco: l'attrazione maggiore esercita alle estremità. Il fluido magnetico si divide dunque in due parti.

S'è dovuto indagare se queste due parti avevano entrambe le proprietà medesime, e s'era lo stesso fluido che così dividevasi. Ora, l'esperienza ha fatto conoscere che vi erano realmente due fluidi distinti.

MARIA. Debb'essere molto difficile il constatare queste differenze.

MORIZIO. Nulla di più facile. Io presento al primo tronco, di cui mi sono servito, un altro tronco calamitato. Vedrete con sorpresa che questi due capi s'attireranno, mentre che due altri si respingeranno costantemente.

ALBERTO. I due fluidi consimili s'attirano dunque?...

MORIZIO. Al contrario. Per avere un'idea esatta dei fenomeni magnetici, noi siamo costretti a supporre che, nello stato naturale dei corpi, i due fluidi sono riuniti, e che hanno una grande tendenza per restarlo. Quando, per una causa qualunque, l'equilibrio è rotto, essendo separati, cercano di ricongiungersi di nuovo. Sono le calamite contrarie che s'attirano: le calamite simili si respingono.

MARIA. In che consistono eglino dunque i fluidi magnetici?

MORIZIO. Ho già detto, che noi non conosciamo nulla intorno alla loro natura: non è forse che una modificazione di questo fluido particolare, la quale sarebbe allora un composto divisibile in due fluidi distinti. Questo composto s'appellerebbe, secondo il suo modo d'agire, ora fluido magnetico ed ora fluido elettrico. Tutte le recenti scoperte provar sembrano che il magnetismo e l'elettricità sono due modificazioni della medesima cosa. Ciò che v'ha di certo si è, che il fluido magnetico è tutt'affatto imponderabile nei limiti attuali della scienza. Se io scaldassi fino al rosso

uno di questi tronchi calamitati, esso perderebbe la sua proprietà magnetica senza nulla perdere del suo peso. È probabile che i due fluidi uniti si trovino preesistenti fra le molecole del ferro: di fatti, vedremo bentosto che si calamita facilmente un numero infinito di pezzi di ferro con una calamita sola, senza che perda della sua forza. Noi vedremo puranco che si può bastantemente calamitare dei tronchi artificialmente e senza calamita.

V'ha di più. Il fluido magnetico non pare essere trasmissibile, esso non esce dal corpo che lo contiene, nè può spostarsi o decomporsi nel corpo medesimo. Di fatto, rompete un tronco calamitato per mezzo: voi avrete due calamite perfette, con una nuova linea media in ciascheduno. Questa sperienza suppone che la decomposizione di due fluidi magnetici ha luogo in ciascheduna molecola isolatamente.

Il più curioso dei fenomeni che la calamita presenta, è la direzione verso un punto, che dapprincipio sembrò costantemente lo stesso, vale a dire il nord. Suspendiamo con un filo di seta un ago calamitato; esso presenterà sempre uno dei suoi capi da una medesima parte. Questo capo sarà sempre lo stesso, in guisa che se voi presentate l'altro capo nella medesima direzione, l'ago sobbalzerà fino a che torni nella posizione sua prima. Questo fenomeno che si riproduce dappertutto debb'essere attribuito ad una forza

universale potente. Il centro di questa forza era collocato dagli antichi in una stella che forma la coda della grand'orsa: altri la collocavano al polo dello zodiaco e via via. Gilbert pel primo constatò, sul finire del xvi secolo, che il globo è magnetico, e che l'ago calamitato è diretto dalla sua azione.

ALBERTO. La terra non è adunque che una grande calamita?

MORIZIO. Di fatto può venir considerata siccome tale.

MARIA. Vorrei bene vederla rotolare nella limatura di ferro come il tronco di poco fa.

MORIZIO. Voi vedete cose altrettanto concludenti quanto curiosissime. La direzione dell'ago verso il nord non è il solo fenomeno che noi osserveremo.

Quando si considera la direzione di quest'ago, non trovasi ch'esso sia girato perfettamente verso il nord: esso invece *declina* verso l'est o l'ovest, secondo i luoghi, e, nel luogo stesso, secondo i tempi *1. A Parigi per esempio, fra il 1580 e il

*1 Ecco la declinazione osservata a Parigi in diverse epoche:

Anno 1580	11° 30' est	Anno 1820}	22° 29'
1618	8°	1821 }	
1663	0° — —	1822	22° 11'
1678	1° 30' ovest	1823	22° 23'
1700	8° 10'	1829	22° 12'
1767	19° 16'	1832	22° 3'
1785	22°	1835	22° 4'
1819	22° 29'		

1820 la declinazione dell'ago ha variato di più di 30° : adesso è di 22° circa verso l'ovest. L'ora del giorno non lascia di esercitare essa pure una piccola influenza sulle variazioni dell'ago.

ALBERTO. Io credeva la bussola uno strumento perfettamente esatto: è dessa che guida i naviganti; essa che aiutò Cristoforo Colombo a dirigersi attraverso a mari sconosciuti affatto, mentre andava in traccia del nuovo mondo.

MORIZIO. Colombo non lasciavasi guidare unicamente dalla bussola, poichè egli stesso osserva d'essere stato maravigliatissimo quando s'accorse d'una declinazione considerevole. È vero che i Cinesi, i quali conoscevano la bussola più di mill'anni prima di Cristo, non avevano idea della inclinazione: anche gli Europei prima di Colombo non sapevano della declinazione dell'ago, benchè dal 1300 la bussola, scoperta già cent'anni prima, fosse molto in uso.

Esiste un'altra variazione nell'ago della bussola, cioè la sua *inclinazione*. Di fatto, se voi osservate un ago, non lo troverete orizzontale, ma bensì inclinato all'orizzonte.

L'inclinazione varia come la declinazione, secondo i luoghi e i tempi *1. Dopo il 1576 solamente questa proprietà venne conosciuta.

Esaminando attentamente la declinazione e l'inclinazione dell'ago in differenti luoghi, si potè

*1 L'inclinazione a Parigi ha variato dopo il 1671 di 75° a 67° .

determinare una linea che si disse l'*equatore magnetico*. Questa linea non si confonde quasi in nessuna parte coll'*equatore geografico*: ella non ha nemmeno la stessa direzione, e forma non una linea curva, ma un seguito di linee tagliate, che sono tuttavia poco distanti dall'*equatore*.

ALBERTO. La deviazione dell'ago è un inconveniente grave per la navigazione.

MORIZIO. Sventuratamente ve n'esistono di più gravi. Così un'*aurora boreale* fa provare una considerevole agitazione all'ago in tutta la sua durata, anche ne' luoghi ov'essa non è visibile. Gli scotimenti della terra, le eruzioni vulcaniche modificano la sua direzione. Non è rara cosa vedere il fulmine cangiare, distruggere o capovolgere la direzione della calamita.

ALBERTO. È egli difficile calamitare le sbarre di ferro o gli aghi?

MORIZIO. Per calamitare una sbarra di ferro o d'acciaio basterebbe passarla sui poli d'una calamita; ma questo non è il solo modo di calamitazione, nè anche il migliore. Ecco il metodo suggerito da Duhamel.

Si dispongono a qualche distanza in una stessa linea e sur una tavola due fascetti di aghi già calamitati. Sui capi di questi fascetti *1, che restano

*1 Gli stessi poli d'un fascetto debbono essere rivolti dalla medesima parte: l'ago da calamitarsi debbe posare sui due poli opposti. Diconsi poli d'una calamita le due estremità di essa. Due poli sono simili quando hanno lo

fissi durante l'operazione, si colloca la sbarra da calamitarsi in una posizione tale, che i suoi due capi posino sulle estremità dei fascetti.

In questa posizione l'operazione resta preparata e l'ago è disposto a lasciare che s'operi la divisione de' due fluidi.

Prendo allora in ciascheduna mano una sbarra calamitata; colloco i due poli contrarii di ciascheduna sbarra sul mezzo dell'ago, presentandoglieli sotto un angolo di 25° a 30° ; quindi ritirando le mani lentamente, giro questi poli allontanandoli fino alle estremità dell'ago.

Rialzo in appresso le sbarre per riportarle al mezzo dell'ago, e girarle ancora ai due capi tante volte quante abbisogneranno. Questo metodo è il migliore per calamitare gli aghi di bussola.

Per le lame più spesse usasi d'ordinario il metodo di Epino, che non differisce dall'altro se non in quanto alla disposizione e al movimento delle sbarre sdruciolanti. Queste sbarre si tengono alquanto più protese, e si girano nello stesso tempo dal mezzo alla stessa estremità dell'ago, poi da queste estremità all'altra. Quindi si rigirano al mezzo sempre sdruciolando: allorchè sono pervenute a questo punto si tolgono via.

ALBERTO. Bene: nel primo metodo si fanno sdruciolare le due sbarre *isolatamente*, una a stesso magnetismo, si respingano essi o si rivolgano verso lo stesso punto dell'orizzonte quando sono sospesi liberamente.

dritta l'altra a sinistra, partendo dal mezzo: nel secondo, si parte ancora dal mezzo, ma si girano le due sbarre *insieme*, dapprima verso sinistra, poi da sinistra a dritta, poi da dritta al mezzo.

MORIZIO. Se un solo giro non basta, si ricomincia. Le proprietà magnetiche acquistate in questo perseverano indefinitamente nella sbarra stessa: solo, il calore le fa perdere, probabilmente pel maggiore spostamento ch'esso determina fra le molecole dei corpi. Si è pure concluso, dopo un gran numero di esperienze, che si potrebbero rendere forse i corpi magnetici, se si potessero convenientemente ravvicinare le loro molecole.

Si provò a calamitare delle sbarre senza il soccorso di alcuna calamita: si è riuscito perfettamente, ma si richiede molto tempo. Si prendono cinque o sei sbarre, si pongono una di seguito all'altra sur una linea stessa nella direzione e secondo l'inclinazione dell'ago della bussola: questa sola posizione continuata un certo tempo, magnetizza, ma molto debolmente, una sbarra. Si procede quindi ad una calamitazione coi mezzi ordinarii.

MARIA. Il ferro diviene egli così magnetico senza prepararlo e diligerlo?

MORIZIO. L'azione magnetica della terra agisce come quella di una vasta calamita, che facilita la decomposizione dei fluidi magnetici nei corpi, in cui questa decomposizione prova minor re-

sistenza. Prendete una sbarra di ferro dolce, collocatela quasi verticalmente, o meglio, secondo la direzione e inclinazione della bussola, quindi presentate ad essa un piccolo ago di prova: troverete che il fluido è decomposto; perocchè v'avrà un polo nord e l'altro sud. Il ferro dolce è facilissimo a decomporre magneticamente, conservando assai male la sua elettricità. Cambiate di posizione la stessa sbarra di ferro capo per capo, e sottoponetela all'ago di prova: vedrete che i poli hanno cambiato. L'acciaio temprato così non cambia: esso conserva benissimo la proprietà magnetica una volta ricevuta, e, secondo l'espressione dei fisici, la sua *forza coercitiva* è maggiore. Il ferro dolce non mantiene la sua calamitazione: tuttavia la percussione o un'azion chimica possono dare ad esso la forza coercitiva che gli manca. Percotete con qualche colpo di martello il capo d'una sbarra di ferro magnetico, e vi fisserete più o meno la calamita. Trovansi nelle fabbriche delle sbarre di ferro che si sono calamitate per la loro posizione, e in cui la calamita venne fissata dalla ruggine. Battere, attortigliare, limare, tormentare in qualche modo il ferro che si è collocato preventivamente nella posizione indicata dall'ago e quasi verticalmente, sono altrettanti mezzi di fissare sovr'esso le proprietà magnetiche.

Ritourneremo altra volta sul magnetismo; ma per bene comprendere ciò che io debbo dirvi

per lo innanzi dobbiamo occuparci alcuni momenti dell'ELETTRICITÀ.

ALBERTO. Un'altra parola tirata dal greco, n'è vero?

MORIZIO. È il nome greco dell'*ambra* o *succino*. Questa sostanza è la prima a cui gli antichi attribuirono la proprietà di attirare i corpi leggeri quando si strofinava.

MARIA. La ceralacca ha la proprietà stessa: io mi sono divertita moltissime volte a strofinare un rotolo di ceralacca sur un pezzo di drappo: essa attirava a sè benissimo i spennacchi di piuma.

MORIZIO. Un rotolo di zolfo o di resina, un tubo di vetro e simili godono della medesima proprietà; è la causa di questo fenomeno che dicesi ELETTRICITÀ. Adoperando piccoli stromenti appellati *elettroscopii*, scopronsi nei corpi le più piccole quantità possibili di elettricità, dovunque esse si trovino: così resta facile distinguere i corpi in due classi: quelli che prendono elettricità dallo strofinio (*corpi idioelettrici*), e quelli che non ne segnano alcuna traccia (*corpi anelettrici*).

I corpi anelettrici che non prendono elettricità alcuna dallo strofinio, possono prenderla in altro modo, come il caso fece conoscere a Gray. Questo fisico, dopo avere elettrizzato collo strofinio un tubo aperto, s'avvisò di chiudere questo tubo con un turacciolo di sughero a fine di vedere ciò che ne risulterebbe. Egli s'accorse con

istupore che il turacciolo, corpo in se medesimo anelettrico, s'elettrizzava al contatto del vetro: una bacchetta metallica immersa nel turacciolo s'elettrizzò essa pure. Eccolo dunque salito al granaio della casa, per far discendere fino a terra un filo di ferro comunicante col turacciolo del tubo. Un amico di lui trovavasi nel basso per presentare corpi leggeri all'estremità del filo; i corpi leggeri vi si trovavano attirati come sul vetro medesimo. Il metallo ha dunque la proprietà di trasmettere l'elettricità: esso la trasmette istantaneamente a distanze grandissime. Tutti i corpi in cui lo strofinio non isviluppa elettricità alcuna, trovasi nello stesso caso: il contatto dei corpi elettrizzati loro comunica la proprietà medesima: questi corpi sono conduttori dell'elettricità; i primi non lo sono.

MARIA. Che è dunque l'elettricità?

MORIZIO. È un doppio fluido che forma, quando i suoi due elementi sono riuniti, lo stato naturale dei corpi; ma che, quando sono separati dallo strofinio, forma lo stato elettrico.

MARIA. Come il magnetismo?

MORIZIO. Assolutamente come il magnetismo. Dopo Esterd (1820), si scopersero grandi analogie fra il magnetismo e l'elettricità; analogie che fanno credere, che i due fluidi non sarebbero che due modificazioni dello stesso principio.

ALBERTO. Come si distingue il magnetismo dall'elettricità?

MORIZIO. I fenomeni magnetici e i fenomeni elettrici non si producono nello stesso modo. Noi vedemmo che il fluido magnetico pareva imprigionato in limiti angustissimi, e non si sviluppava che su cinque o sei metalli, sul ferro principalmente. I fluidi elettrici, al contrario, godono d'una mobilità estrema: v'ha spostamento di fluido secondo che i corpi sono più o meno buoni conduttori.

ALBERTO. Come si distinguono dunque i due fluidi elettrici?

MORIZIO. Se prendo due piccole palle di sughero o di midolla di sambuco, e sospesele ad un filo di seta, le avvicino ad un tubo di vetro elettrizzato, saranno dapprima attratte, poi respinte: le due palle resteranno elettrizzate esse medesime, purchè io abbia la precauzione di tenerle isolate col mezzo della seta che è un cattivo conduttore. Se avvicino l'una all'altra le palle elettrizzate, si respingeranno: ma ciò non avviene se ne elettrizzo una col vetro e l'altra colla resina: elleno s'attireranno invece con forza.

MARIA. Così due corpi elettrizzati col vetro si respingono: e due corpi di cui uno è elettrizzato col vetro e l'altro colla resina, si attraggono reciprocamente.

ALBERTO. I fluidi elettrici producono dunque un effetto somigliantissimo ai fluidi magnetici: i fluidi simili si respingono, i differenti s'attirano.

MORIZIO. Dicesi elettricità *vitrea* quella che si trae dal vetro, e *resinosa* quella che ricavasi dalla resina. La prima chiamasi inoltre elettricità *positiva*, la seconda *negativa*. Tutte queste espressioni sono molto improprie: noi le adopereremo nullameno, perocchè l'uso le ammette.

Un corpo allo stato naturale possiede le due elettricità combinate. Quando si elettrizza, conserva una delle due e lascia sfuggir l'altra: così può, secondo le circostanze, conservare uno o l'altro dei due fluidi. Il vetro, per esempio, prende l'elettricità vitrea quando si strofina con lana o seta; resinosa, quando strofinasi con una pelle di gatto. Un nastro di seta nera prende l'elettricità resinosa, quando si strofina con un nastro bianco: e se si strofinino in croce due nastri della stessa seta, quello che resta immobile diventa vitreo, l'altro resinoso.

ALBERTO. Quando si tocca una macchina elettrica, provasi una commozione vivissima: io mi sono trovato a questa esperienza fattasi in pubblico con molte altre persone. Ci tenevamo per mano; e il primo di noi toccando il conduttore della macchina, ci comunicò in un istante una commozione dolorosa.

MORIZIO. S'accumula collo strofinio sulla macchina elettrica una certa quantità di fluido, isolando convenientemente l'apparecchio. Questo fluido tende potentemente a spandersi: e quando gli avvicinate la mano, egli sfugge con violenza

per isandersi, non solo sulla mano che lo tocca, ma anche su tutti i corpi conduttori che comunicano per mezzo del contatto.

MARIA. Che è dunque una macchina elettrica?

MORIZIO. A tutto rigore, può considerarsi come macchina elettrica un apparecchio proprio a sviluppare l'elettricità; nullameno si convenne di dare questo nome ad un apparecchio di cui diamo qui spiegazione della figura.

FIGURA 41.

La parte essenziale di questo apparecchio si compone d'un piatto circolare di vetro $P P'$, $T T'$, che gira sur un asse $X X'$ col mezzo d'una manovella M fra due stipiti solidi.

Sui due stipiti, ai punti $F F'$, v'hanno due cuscini elastici coperti di pelle che premono sulla superficie del piatto, ed operano uno strofinio più o meno considerevole quando girasi la manovella.

I conduttori della macchina hanno la forma di due grandi bracci di rame giallo, che s'avanzano sostenuti e isolati da colonne di vetro $l l'$ inverniciate di gommalacca: gli è con essi che l'elettricità si propaga.

Tutto l'apparecchio posa sur una tavola che può essere anch'ella isolata; ma voi potete vedere una catena con cui la macchina è posta a contatto col suolo ogniqualvolta è necessario.

Voi vedete che l'effetto prodotto dallo strofinio dei cuscini contro il piatto è il medesimo che lo strofinio della stoffa di lana contro il tubo di Gray: solamente l'apparecchio è più comodo, ed è disposto in modo da poter caricarsi d'una grande quantità di fluido.

Se uno tocca l'apparecchio o piuttosto il suo conduttore, rende se medesimo conduttore. L'elettricità sviluppata dalla macchina s'unisce vivamente all'elettricità contraria del corpo: ed è questa unione forte e repentina che produce la commozione.

Questa unione è tale, questa forza è così potente, che dà luogo a fenomeni straordinarii. Avvicinate la giuntura del dito al conduttore d'una macchina carica, anche alla distanza di più centimetri. L'elettricità della macchina scomporrà quella del vostro dito, e l'elettricità del nome opposto sarà accumulata alla giuntura, mentre l'elettricità simile verrà respinta. Ne seguirà dunque che la forza d'attrazione de' due fluidi li attirerà uno verso l'altro. Anche a qualche distanza si riuniranno attraverso l'aria, e potrete vedere una scintilla al momento della commozione.

MARIA. Ecco un curiosissimo fenomeno.

MORIZIO. Dufay eccitò pel primo una grande meraviglia traendo scintille e lingue di foco dal corpo d'un uomo. Per eseguire codesta esperienza, egli faceva salire la persona sur un tamburello con gambe di vetro o sur un cuscino di resina,

mettendolo in comunicazione colla macchina mentre la caricava. Il paziente non provava alcuna commozione viva così rimanendo: egli sentiva solamente l'impressione d'un soffio leggero. I suoi capelli s'arricciavano e lasciavano sfuggire spruzzi di luce.

MARIA. Si può ella riprodurre questa esperienza?

MORIZIO. Quando vi piaccia. Allorchè un uomo è così elettrizzato, basta avvicinarli la giuntura del dito per estrarre da tutte le parti del suo corpo lunghe scintille, e provare una commozione che nulla ha di pericoloso. Se la scintilla, dice Pouillet, non parte che alla distanza d'un pollice, non sentesi che una leggera pizzicatura: se poi viene da due o tre pollici, la sensazione si fa sentire fino al gomito, e tutto il cubito del braccio si piega con movimento involontario e irresistibile. La scintilla che parte da sei od otto pollici, va fino al petto: è prudenza non spingere lo sperimento più oltre. La persona isolata, che comunica colla macchina, sente poco più poco meno le scosse medesime.

ALBERTO. Questo fuoco pare che non arda.

MORIZIO. Guardatevi bene dal crederlo. Al punto preciso della scintilla, si produce una quantità considerevole di calore: e se la scintilla è continua, può divenire un agente chimico della più alta forza. Si giunse a fondere con questo mezzo corpi che avevano fin allora resistito a tutte le prove del fuoco più ardente.

MARIA. Un semplice strofinio produce tanta potenza!

MORIZIO. Altre cause possono determinare la separazione dei fluidi elettrici. Così la pressione, il calore, il contatto e le affinità molecolari sono altrettante cause che sviluppano elettricità. Posate, per esempio, un disco di metallo sur un taffetà gommato, premete alcun poco e rialzate il disco con un manico isolante: il disco avrà elettricità resinosa, e il taffetà sarà vitreo. Scaldate una turmelina e un gran numero di cristalli, essi diverranno elettrici: ma siccome questi corpi sono conduttori cattivissimi, l'elettricità sarà per così dire imprigionata: essa si condurrà come il fluido magnetico. Infine, al semplice contatto dei corpi, voi vedrete, se vi fate attenzione, svilupparsi della elettricità. È l'origine del galvanismo.

MARIA. Che è il *galvanismo*?

MORIZIO. Nel 1789, il dottor Galvani avendo preparato dei ranocchi per certe sue indagini medicali, li appese casualmente ad un balcone di ferro con piccoli uncini di rame. Questi ranocchi pelati provarono apparentemente vive convulsioni. Galvani osservò che queste convulsioni non erano permanenti, ma che bisognava che il vento o altra causa mettesse i muscoli dei ranocchi in contatto col ferro del balcone. Egli suppose non so qual fluido vitale emanante dai nervi del ranocchio, e passante ai muscoli per l'intermedio dell'uncino di rame e del tronco di

ferro. Questo fenomeno affatto nuovo sui nervi e sui muscoli d'un ranocchio senza pelle, produsse sensazione grandissima fra i dotti. Si moltiplicarono le sperienze nella speranza di trovare nei corpi animati una specie di fluido vitale, principio dei nostri movimenti.

Si osservò dappprincipio una grande analogia fra il fluido galvanico e il fluido elettrico. Surse allora tra i fisici una grande discussione, per sapere se il fluido di Galvani e l'elettrico conosciuto fin allora avessero la natura medesima; finchè Volta troncò la questione nel modo più convincente. Questo saggio uomo ricorda un bellissimo precetto, obbliato troppo spesso dai pseudofilosofi o dai superficiali: *Tenete conto di tutti i fatti, ma guardatevi dallo accordare troppa confidenza alle ipotesi.*

Volta, ripetendo con una curiosità inquieta le esperienze di Galvani sui ranocchi, osservò una condizione di questo fenomeno, fin allora sfuggita a tutti. Quando il conduttore che stabilisce, secondo Galvani, la comunicazione fra i muscoli e i nervi del ranocchio, è d'un solo metallo, la contrazione è poco sensibile; mentre che essa è viva e gagliarda quando v'ha contatto di due corpi differenti. Il ranocchio di Galvani sospeso per un filo di ferro ad un balcone pure di ferro perdeva quasi tutta la sua sensitività, per ritrovarla tosto quando l'uncino era di rame. Non è dunque un fluido vitale, disse Volta, che circola dai

nervi ai muscoli del ranocchio. Io conosco l'esistenza d'un fluido, di cui notissimi sono gli effetti; ma questo fluido si sviluppa al contatto dei metalli eterogenei: è dunque il fluido elettrico ordinario.

ALBERTO. La conseguenza non era ella alcun poco ardata?

MORIZIO. Sarebbe troppo lungo dirvi quale serie di sane esperienze abbia condotto il Volta a tirare questa conseguenza dai fatti precedenti; ma i suoi avversarii furono bentosto vinti. L'identità del galvanismo e dell'elettricità fu constatata da tutti gli esperimenti, da tutti gli stromenti che mi restano a descrivervi; e Volta ebbe la gloria d'aver trovato nel contatto dei metalli eterogenei una forza elettromotrice immensa, che si studia d'applicare al movimento delle più pesanti masse invece del vapore, e che, dal tempo in cui ella è conosciuta, ha fatto fare alla chimica, alla fisica e alla meccanica de' passi maravigliosi.

MARIA. Narrateci dunque qualche cosa di queste curiose esperienze e sorprendenti effetti.

MORIZIO. Fino a Volta, l'elettricità non era guari uscita dal gabinetto dei fisici, e la legge che io mi sono imposto, di parlarvi solamente delle sperienze che condussero ad utili applicazioni, mi vieta di dilungarmi su questo soggetto. Si stava paghi ad eccitare, col mezzo dello strofinio della macchina elettrica, la decomposizione del doppio fluido, che dirigevasi con un filo o catena me-

tallica. Sapevasi che i corpi sferici accumulano l'elettricità sur un punto, mentre le punte la disperdevano facilmente, in seguito alla proprietà ch'essa ha di accumularsi alla superficie dei corpi senza penetrare nell'interno. In fine, il punto più importante a cui s'era arrestati a quest'epoca, era la scoperta della *bottiglia di Leida*, che trae il nome dalla città in cui fu inventata.

ALBERTO. Questo nome non mi suona sconosciuto.

MORIZIO. È un apparecchio destinato a tenere in serbo l'elettricità; ma prima di descriverlo, debbo spiegarvene il principio.

Sapete già che, posti in contatto, i due fluidi del medesimo nome si respingono, mentre che quelli di nome diverso s'attirano, cercando di ristabilire lo stato naturale dei corpi. Se collocate una lama vitreamente elettrizzata e bene isolata contro uno dei vetri di questa finestra, non solamente conserverà la sua elettricità, ma decomporrà inoltre l'elettricità naturale d'un'altra lama che voi collocherete senza preparazione dall'altra parte del vetro. Se la seconda lama comunica col suolo, la sua elettricità vitrea sarà respinta verso questo serbatoio comune, mentre che l'elettricità resinosa s'accolla per così dire al vetro a fine d'avvicinarsi più oltre alla lama elettrizzata.

Se intanto le due lame sono isolate e cariche di fluidi contrarii, questi due fluidi si sollecite-

ranno un l'altro abbastanza, perchè, se si tocchi una delle due lame, non vi si scopra elettricità: *l'elettricità è dissimulata.*

ALBERTO. Comprendo benissimo: l'elettricità d'una delle lame ha abbastanza dominio sull'elettricità dell'altra per tenerla prigioniera, quasi sulla parola, quand'anche le vie siano aperte ad essa per fuggire.

MARIA. Ma se si toccassero in una volta tutte e due le lame?

MORIZIO. Oh! allora ciaschedun fluido obbedisce da una parte e dall'altra alla forza che lo sollecita più direttamente: non v'ha più elettricità decomposta nè in una nè nell'altra lama.

ALBERTO. Tutto ciò mi ha l'aria d'un giochetto innocente, come dicevate or dianzi.

FIGURA 42.

MORIZIO. Non voglio qui far altro che spiegarvi ciò che si intende in fisica per elettricità dissimulata, per avete alla descrizione della *bottiglia di Leida*, di cui avete nella figura un modello. È un vaso di vetro ricoperto all'esteriore fino al collo d'una sfoglia di stagno, e ripiena nell'interno di sfoglie d'oro o di rame.

MARIA. Bene: veggo che è lo stesso effetto di quello delle due lame separate da un vetro. Questa specie d'uncino armato d'una palla di rame serve probabilmente a elettrizzare il metallo interiore.

MORIZIO. L'avete indovinato. Se si sospenda la bottiglia per mezzo dell'uncino al conduttore d'una macchina elettrica in movimento, l'interno si carica d'un fluido: il fluido contrario trovasi attirato verso il medesimo alla superficie della sfoglia di stagno, purchè quest'ultimo tocchi o comunichi al suolo, mentre che il fluido della stessa natura è ricacciato nella terra. Questa tendenza dei due fluidi che s'attirano, permette di accumulare in una bottiglia una grande quantità d'elettricità che si scarica a volontà, avvicinandovi il bottone d'un corpo buon conduttore.

Si dà il nome di *batteria elettrica* ad una serie di bottiglie di Leida che comunicano coll'interno per mezzo di bacchette di rame, collocate trasversalmente, e coll'esterno per mezzo d'una sfoglia di stagno che copre il fondo della scatola dove sono contenute le bottiglie. Si possono estrarre, da un sistema di bottiglie così composte, scintille più forti di quanto non si traggano dalla macchina: richieggonsi adunque a quest'uso le più grandi precauzioni. Debbono adoperarsi manichi o tenaglette di vetro ogni qual volta s'avvicina un corpo qualunque all'*armatura* di queste bottiglie, a fine di mettersi al coperto dalla commozione elettrica spesso pericolosa.

ALBERTO. Così la bottiglia di Leida ha per iscopo d'accumulare l'elettricità sviluppata dalla macchina elettrica; è per così dire un serbatoio d'elettricità.

MORIZIO. È ciò esattamente; ma la bottiglia di Leida, che tenne importante luogo nei gabinetti dei fisici, ha perduto molto di sua importanza dopo la scoperta di Volta.

MARIA. Non so se bene comprenda ciò che avete detto; ma mi pare che la scoperta di Volta consista nel mettere a contatto due metalli differenti. Quando ho in saccoccia monete di rame e d'argento, debbe svilupparsi dell'elettricità.

MORIZIO. Non v'ho fin qui parlato che del principio della scoperta di Volta: vediamone l'applicazione. I metalli differenti, posti a contatto, separano la loro elettricità naturale; secondo la loro disposizione relativa, uno dei due poli prende l'elettricità vitrea, l'altro la resinosa. Nei casi ordinarii questo fatto è difficile a calcolarsi: così Volta non ebbe pace, finchè non lo rese perfettamente sensibile, costruendo la sua pila.

Prendiamo una piastra di rame che comunica al suolo per mezzo d'un filo che sia conduttore dell'elettricità, senza avere la proprietà di eccitarla e separarla, come i metalli: poi aggiungiamo su questa piastra di rame una di zinco; la decomposizione avrà luogo immantinente: il fluido resinoso passa nel rame e nel suolo: il fluido vitreo s'accumula sullo zinco.

ALBERTO. Così la forza elettromotrice che isola i fluidi a contatto è più forte che la loro tendenza ad unirsi.

MORIZIO. Sicuramente. In questa posizione, il

rame è allo stato naturale, e lo zinco ha una carica A d'elettricità vitrea: è tutta la carica che può avere dal contatto della piastra di rame.

Se io trovo mezzo di sottrarre allo zinco la sua carica A senza che il contatto cessi, essa si rinnova immediatamente; e se la sottrazione che si opera è continua, il rinnovamento è pure continuo. Supponiamo, che invece di comunicare al suolo, i due conduttori che io adopero si avvicinino uno all'altro: i due fluidi si riuniranno, poichè i conduttori non hanno essi medesimi forza elettromotrice, vale a dire, quella forza che separa le due elettricità contrarie. Seguitate bene questa costruzione, che debbe darvi la chiave di tutti i fenomeni voltaici.

Invece d'un conduttore completo aggiunto alla piastra di zinco per propagare la sua elettricità, posso mettere su questa piastra un pezzo di drappo umido, che è conduttore senza essere elettromotore: l'elettricità A dello zinco si spande sul drappo; ma siccome il contatto non cessa, v'ha sempre saturazione, e la tensione elettrica dell'apparecchio può sempre essere rappresentata da A sullo zinco e sul drappo.

Aggiungiamo una nuova piastra di rame sul drappo umido.

ALBERTO. L'elettricità vitrea passerà in questa nuova piastra, come nel drappo. Essa verrà sempre rappresentata da A sullo zinco, il drappo e il secondo rame.

MORIZIO. Il fenomeno cambierà d'aspetto se noi aggiungiamo una seconda piastra di zinco. Essa dovrà prendere, sempre per la stessa ragione, la quantità d'elettricità vitrea rappresentata da A , perchè è conduttrice. Ma il suo contatto col rame le dà una forza elettromotrice novella similissima alla prima, e che per conseguenza raddoppia l'effetto: cosicchè l'elettricità accumulata sulla seconda piastra di zinco può essere rappresentata da $2A$. Continuando così, avremo la pila che qui vedete.

FIGURA 43.

Ella si compone alternativamente d'un disco di rame, d'uno di zinco e d'una rotella di drappo, che si ripetono tante volte quante si voglia. La prima piastra di zinco e la sua rotella sono cariche d'elettricità A ; la seconda e la sua rotella, di $2A$;... la decima e la sua rotella, di $10A$ e così di seguito.

Nulla può dunque arrestare la progressione sempre crescente della pila di Volta e la sua fecondità inesauribile. Quando si sono riunite bastanti copie (così dicesi la riunione di due dischi appaiati), vi si può aggiungere, a talento, dei conduttori, i quali, se s'avvicinino alle loro estremità a maggiore o minore distanza, danno una serie non interrotta di scintille, ed anche un foco continuo secondo la forza e la disposizione dell'apparecchio.

Il ritrovato di Volta, maraviglioso in principio, lasciava molto a desiderare sotto il rapporto della esecuzione materiale. L'acqua colava dalle rotelle umide per la pressione dei dischi, i quali si ossidavano facilmente e il contatto non era più bastevole. Le rotelle asciugavansi prestissimo e volevano molta cura.

Volta immaginò, per rimediare a questi inconvenienti, di saldare insieme delle sbarre o lastre di rame e di zinco, di incurvare le estremità di esse lastre, e farle immergere in bicchieri pieni d'acqua, in modo che le lastre saldate formassero altrettante coppie, e il capo zinco della prima si trovasse nel bicchiere medesimo che il capo rame della seconda. Questa costruzione ebbe ottimo successo, e fu perfezionata da Wolaston. Eccone la descrizione:

FIGURA 44.

Dieci vasi o bicchieri $v v'$ sono ordinati in due linee: essi sono pieni d'acqua che si acidula, per rendere più energica l'azione. Al di sopra sono attaccate a sbarre di legno verniciate alcune lastre di rame e zinco formanti dieci coppie, che possono immergersi insieme nei vasi, abbassando convenientemente i traversi che possono sdruciolare lungo il loro sostegno.

MARIA. Osservo una cosa: queste lastre non si toccano.

MORIZIO. Elleno sono a contatto, ma non come voi le credete. Le lastre che s'immergono nel bicchiere medesimo sono le lastre di due coppie diverse: il contatto de' metalli ha luogo sotto i traversi. L'acqua ha per iscopo di condurre l'elettricità dall'una all'altra delle due lastre che stanno nel medesimo vaso.

ALBERTO. Vale a dire che la forza elettromotrice si esercita alla saldatura fra il rame d'un vaso e lo zinco d'un altro.

MARIA. Perchè dunque tanta superficie nei bicchieri?

MORIZIO. A fine di moltiplicare i punti di trasmissione fra i metalli e l'acqua. Gli è ciò che fa precisamente che la pila di Wolaston *propaghi* assai più perfettamente l'elettricità, la quale si separa al contatto dei metalli *1.

Per finire di farvi conoscere i fenomeni elettrici, passeremo in rivista i principali effetti fisio-

*1 Da ciò che fin ora dicemmo, debbesi conchiudere trovarsi più specie di forza in una pila. 1° La *forza di produzione*. Tutti i metalli presi due a due non isviluppano al contatto una eguale quantità d'elettricità. L'esperienza prova che il contatto del rame è dello zinco offre la forza elettromotrice la più conveniente. 2° La *forza di propagazione*. Dipende dal conduttore; e se esso è imperfetto, il fluido, invece di propagarsi costantemente, dà subito una scarica che diminuisce l'intensità. 3° La *forza di tensione*. Dipende dal numero delle coppie; noi vedemmo di fatto sul primo zinco una tensione A, e sul decimo una tensione decupla, cioè 10A e via.

logici, fisici e chimici che l'elettricità sviluppa. Questi effetti sono dovuti alle correnti che si stabiliscono alla superficie dei corpi: essi sono descritti dagli autori con una grande precisione, benchè non si possa sempre risalire alle cause.

L'elettricità della pila debbe alla continuità della sua azione e all'eguaglianza delle sue correnti, l'operare ch'ella fa sugli animali effetti assai più importanti che non la macchina elettrica e la bottiglia di Leida. L'applicazione della corrente voltaica agli organi degli animali recentemente morti, produce sov'essi delle contrazioni e dei movimenti energici. Gli uomini stessi vennero sottoposti a questa prova. Un uomo morto da tre quarti d'ora, ha fatto muovere i suoi membri, ha fin anco respirato. Alcun poco prolungata, questa vita artificiale imposta ad un cadavere ha qualche cosa di strano, e forma, dicesi, per le contrazioni provate dalle parti sensibili, uno spettacolo terribile.

Risulta dunque da questo fatto e da molti altri, che la corrente elettrica offre il mezzo più sicuro e più energico di rendere alla vita, ristabiliendo la circolazione, le persone asfissiate che si credono morte spesso prima che l'anima abbia abbandonato il suo materiale involucro.

Si cercò talora di guarire la paralisia colla corrente galvanica, e si volle applicare questo potente motore alla guarigione dei reumi e della gotta. Un medico di Parigi spiega quest'ultima

malattia, dicendo che le azioni chimiche, le quali si sviluppano incessantemente nel corpo umano, sono una sorgente costante d'elettricità, di cui le correnti obbediscono alla volontà della nostra anima. Queste correnti hanno per conduttori i muscoli e i nervi, isolati dalle materie grasse. La gotta non sarebbe che una soluzione di continuità d'una corrente, ora ad un'articolazione, ora ad un'altra, in guisa che ciaschedun dolore acuto sarebbe prodotto da una scarica violenta d'elettricità accumulata su questo punto. Se io v'allego questa teoria, la quale è ancora lontana dall'essere sancita dall'esperienza, gli è per darvi un'idea della tendenza delle indagini e di loro utilità possibile nella scienza in difetto di dati più certi.

ALBERTO. Speriamo dunque che, quando l'età ci avrà resi gottosi, queste importanti questioni saranno risolte.

MORIZIO. Gli effetti fisici dell'elettricità sono principalmente la luce ed il calore. Quando si colloca tra i poli della pila un filo metallico molto breve e molto fino, si scalda, fonde, arde o si volatilizza, giusta la natura del metallo. Il platino è fuso, il ferro arde con molto splendore, le sfoglie d'argento si volatilizzano. Se v'ha soluzione di continuità, il calore prodotto è accompagnato da viva luce.

Davy ha fatto su questo riguardo una esperienza curiosissima: esso termina i due poli in due coni

di carbone ben calcinato ed estinto nel mercurio. Li avvicina a piccola distanza, e la corrente galvanica fa passare il carbone al rosso bianco manifestandosi fra' poli una luce fulgidissima.

ALBERTO. Il carbone debbe venire assai presto consumato.

MORIZIO. Vero; a meno che si abbia la precauzione di fare l'esperienza in un globo di vetro, in cui sarebbesi praticato prima il vuoto. Questa medesima luce, che non si può paragonare che alla luce del sole, riappare egualmente, ancorchè il carbone non trovi nel globo ossigene da ridurre.

MARIA. Ecco un nuovo metodo d'illuminazione.

MORIZIO. Questa luce ferisce troppo i nostri occhi per venire fin qui adoperata. Importerebbe ch'ella fosse abbastanza lontana da noi per non affaticarci la vista, e nel medesimo tempo offrisse un grossissimo volume luminoso per versare ad una tale distanza raggi che bastino sulle nostre teste.

ALBERTO. Converrebbe, a ciò ch'io veggo, inventare il sole; ma il sole è già inventato.

MORIZIO. Voi non avete forse ancora badato al meraviglioso rapporto che v'ha fra l'intensità, lo splendore e l'allontanamento di quest'astro: ora lo comprenderete. V'hanno nell'universo molte cose mirabili che noi non potremmo studiare anche vivendo milioni d'anni: avvece di menarne vana pompa, voi non dovrete lasciare sfuggire

un'occasione di mostrare la vostra riconoscenza verso il divino inventore di tutto ciò che v'ha di bello, di buono e d'utile nel mondo.

Proseguiamo ad annoverare i principali effetti della pila.

Gli è soprattutto alla chimica che la pila ha recato rapidi progressi. Richardson, facendo qualche esperienza colla pila a rotelle umide, sentì un odore d'idrogene, che gli parve non poter procedere che dall'acqua: fu per esso un lampo di luce. Fece passare i due poli della sua pila in un tubo pieno d'acqua, che fu decomposta nei due gaz costituenti, l'ossigene e l'idrogene: il primo si recò al polo positivo, l'altro al polo negativo. Operando in un imbuto di vetro, in cui fassi passare i due fili isolati, e ricoprendone i capi con due campane piene d'acqua, si possono facilmente raccogliere i due gaz*1. Quando s'adopera l'acqua distillata pura, l'operazione va lentamente, perocchè essa è un conduttore imperfettissimo. Per far più presto, s'acidifica o vi si fa disciogliere un po' di sale.

Nè solamente si pervenne a decomporre l'acqua coll'azione della pila. Humphry Davy, sospettando che la potassa, la soda e ciò che dicevasi allora in chimica le terre, non fossero già elementi, sottopose queste sostanze all'azione

*1 Veggasi per la composizione dell'acqua i nostri *Trattamenti sulla Chimica*, Vol. I, pag. 24 e seg.

della pila, cominciando dalla potassa. Prima d'essersi sforzato inutilmente di decomporre la potassa ordinaria, la fece fondere al fuoco, e quando la espose all'azione della pila, ebbe la gioia di vedere che l'ossigene si rendeva al polo positivo, mentre che all'altro polo presentavasi una materia lucente che si infiammava tosto, e non era dopo la combustione che potassa. Tutto lo portò dunque a credere, che la potassa era composta d'ossigene e d'un corpo così avido di questo gaz, che univasi violentemente a lui trovandolo libero. Operando al coperto dell'aria, raccolse di fatto un metallo che nominò potassio. Scoperse pure la radicale della soda e delle terre, e decompose tutti i sali. Gli è allora ch'egli trovò il curioso fenomeno del trasporto. Fece comunicare, col mezzo di filamenti d'amianto umido, due vasi pieni, uno d'acqua pura, l'altro d'una soluzione salina. Facendo comunicare il filo positivo con quest'ultimo vaso e il filo negativo col primo, ecco ciò che ne avviene: se l'ossido non è decomposto, procede lungo l'amianto per andare a rendersi all'altro polo: quando poi l'ossido è decomposto, è invece il metallo che passa. L'azotato d'argento, per esempio, ricopre l'amianto d'una moltitudine di piccoli punti lucenti *1.

*1 Si può far viaggiare così un acido o un ossido attraverso molti vasi. Ciò che v'ha di singolare, si è che, passando a questo modo, gli acidi non arrossano il tornasole come d'ordinario, e gli ossidi non inverdiscono il

MARIA. Mi spiace moltissimo che gli strumenti di fisica siano così costosi: bramerei possedere una pila elettrica.

MORIZIO. Voi potete constatare de' fatti sensibilissimi di elettricità con uno strumento molto semplice. Prendete delle monete di rame, e tagliate delle lastre di zinco e delle rotelle di cartone in numero eguale. Formate una pila con questi elementi, e potrete trarre da un filo di ferro o di rame, di cui farete un conduttore, delle scintille vivissime. Così potrete decomporre l'acqua ed altri corpi.

Si conosce in fisica, sotto il nome di elettroforo, un apparecchio che noi dobbiamo a Volta, e che produce elettricità bastevole per accendere una mistura d'ossigene e d'idrogene in proporzioni convenienti per farne dell'acqua. Esso componesi d'un pezzo di resina posto in una forma di legno o di metallo. La sua superficie superiore è perfettamente piana. Il piatto è di legno rivestito d'una sfoglia metallica, e più piccolo che la resina; si strofina a più riprese il pezzo di resina con una pelle di gatto: lo strofinamento lo elettrizza resinosamente. Il piatto a cui si adatta a disegno un manico isolante, è posto sul pezzo elettrizzato resinosamente; la sua elettricità naturale si decompone, il fluido vitreo s'avvicina

sciropo di violette. V'hanno tuttavia degli ossidi che fanno eccezione: questi s'arrestano e non vanno all'altro polo.

al fluido resinoso, e l'altro fluido è respinto alla faccia contraria. Esso si staccherà con una scintilla, se voi gli presenterete la giuntura del dito o qualunque altro conduttore. Se voi lo sollevate e gli presentate novellamente un conduttore, esso spanderà elettricità vitrea, di cui sarà per allora saturo. Si rinnoverà l'operazione quante volte basta. Il fluido del piatto si decomporrà tosto, e quello del pezzo di resina non avrà nessuna perdita. Può così servire lungo tempo a decomporre per l'influenza dell'elettricità del piatto.

ALBERTO. Intesi dire che s'inventarono delle forze motrici di cui l'elettricità debb'essere il principio.

MORIZIO. Di fatto, un'invenzione di tal natura è apparsa, e Jacobi ne è l'autore. La macchina ha per parti essenziali due dischi, sul circuito dei quali si dispongono cilindri di ferro dolce. Uno di questi dischi è fisso, l'altro mobile. Si comunica una corrente elettrica ai cilindri di ferro dolce, combinati in modo da mettere in presenza sui due dischi, che sono vicinissimi, i poli contrarii. Le attrazioni e repulsioni elettriche, le quali allora si manifestano, fanno girare uno dei dischi sul suo asse, e procurano così una forza considerevole. La macchina di Jacobi, montata sur un battello, manovrò più ore di seguito all'imboccatura della Neva, in un tempo cattivissimo. Ma è in dubbio che cosiffatto sistema possa

offrire una forza grande con economia. Atten- diamone le applicazioni.

ALBERTO. Qual è questa corrente elettrica che si comunica ai cilindri?

MORIZIO. È una vera calamitazione. Dal 1820, un nuovo ramo della scienza, l'elettromagne- tismo, fu creato da Ersted, professore di fisica a Copenaghen. L'influenza delle correnti voltaiche e quella delle correnti magnetiche furono studiate, comparate, direi quasi create. Questa scienza lascia oggi poco a desiderare. Si sa, per esempio, come e sotto quali condizioni l'elettri- città fa variare l'ago calamitato, quali modifica- zioni gli fa subire. Si fa calamitare una sbarra d'acciaio esponendola al circuito voltaico. La calamitazione dei cilindri di cui parliamo or ora si fa col mezzo d'un filo conduttore metallico involuppato nella seta, che trovasi intorno ad essi in forma di elice. Questa scienza, tutta nuova ancora, ha già dato immensi risultamenti: io non ve li farò conoscere che citandovene alcuni.

ALBERTO. Il fluido magnetico e il fluido elet- trico non sono dunque una medesima cosa?

MORIZIO. L'azione delle correnti elettriche sulle calamite, quella delle calamite sulle correnti e in fine quella delle correnti fra loro, ha fatto considerare questi due fluidi di cui parlate come un solo e stesso principio con diverse modifica- zioni. Secondo Ampère, il fluido magnetico non sarebbe composto che d'una quantità di correnti

elettriche circolanti intorno alle molecole dei corpi. Questo fluido esistente in tutti i sensi è d'ordinario insensibile per noi, nè diviene sensibile se non quando certe circostanze di strofinio, di direzione e simili costrinsero questa quantità di piccole correnti a prendere una simile direzione. L'elettricità ordinaria risulterebbe all'opposto da correnti esistenti intorno ai corpi, e non già intorno alle molecole isolate.

Ma lasciamo questa ingegnosa teoria, fino a che l'esperienza e l'esame dei dotti l'abbiano resa elementare, e torniamo ai fatti pratici che sono nati dallo studio delle correnti voltaiche regolari e costanti.

Wolaston ha già da lungo tempo provato, che una lama metallica immersa in un acido prova diversi effetti che non possono venire attribuiti se non alle correnti. Così una lama di zinco immersa in un provino d'acido solforico molto diluito, non prova che un'azione chimica debolissima: l'immersione d'un filo di platino o d'argento in uno stesso liquido non cambia i fenomeni; ma se si mettono all'esteriore i due metalli in contatto, si stabilisce una corrente che decompone energeticamente l'acqua. L'idrogeno si rende al polo negativo sul platino o l'argento: l'ossigeno si fissa sullo zinco al polo positivo.

Gli è su questo principio che posano quelle vegetazioni metalliche curiosissime, conosciute sotto il nome d'*albero di Saturno*, *albero di Diana*.

Immergete in una soluzione d'acetato di piombo *1 una lastra di zinco, ed osserverete, in capo a qualche giorno, delle ramificazioni lucide composte di piombo metallico. Il più piccolo movimento elettrico sollecita bastantemente la decomposizione; una pila ognora più forte si stabilisce; il piombo forma il polo negativo e attira il metallo, mentre che l'ossigene trovasi tratto al polo positivo e si combina collo zinco. Tutte le decomposizioni chimiche hanno per principio una corrente più o meno energica, secondo le tendenze elettriche relative delle loro molecole.

Scoprire le cause intime dell'alterazione dei corpi, e principalmente dei metalli, era mettere la scienza sulla via delle scoperte onde prevenirla. Avete notato senza dubbio che, nei porti di mare, si foderà sovente di rame la carena delle navi. Ma l'acqua di mare esercita sul rame un'influenza sinistra: essa forma un eccellente conduttore elettrico, e sotto la sua azione il rame attirando l'ossigene dei corpi decomposti dalle correnti, viene roso senza indugio.

Il consiglio d'ammiraglio attirò l'attenzione della società reale di Londra su questo fatto, e Davy trovò tosto mezzo di porvi rimedio. Il rame, diss'egli, non attira l'ossigene, se non perchè, essendo in contatto coll'acqua di mare, è elettrizzato

*1 Gli alchimisti chiamavano il piombo *Saturno*, e l'argento *Diana*.

positivamente. Diamogli uno stato elettrico opposto, e non attirerà più l'ossigene dell'acqua, e per conseguenza non sarà più roso. Ora, niente di più facile che rendere il rame elettro negativo. Basta metterlo in contatto con un metallo che sia elettro positivo per rapporto a lui. Ve n'hanno molti in questo caso, lo zinco ed il ferro per esempio. Davy propose dunque d'applicare alle estremità del vascello delle lastre di ferro d'una dimensione conveniente.

ALBERTO. Allora è il ferro che debb'essere roso: se è elettro positivo, attira l'ossigene.

MORIZIO. Bastando bilanciare l'azione elettrica dell'acqua di mare neutralizzando l'elettricità del rame, poco ferro si richiede; basta che la superficie di questo metallo, secondo Davy, abbia la 250^a parte della superficie del rame. Inoltre, queste lastre di ferro possono porsi e togliersi a volontà, come inutili alla solidità della nave. La loro azione si esercita anche in distanza, purchè un buon conduttore stabilisca una corrente fra i due metalli.

MARIA. V'ha egli qualche inconveniente nel sorpassare la meta, vale a dire nel rendere il rame troppo negativo?

MORIZIO. L'inconveniente è piccolo, ma esiste. Poichè l'acqua salata si decompone, poichè il suo ossigene e i suoi acidi si portano sul ferro, il suo idrogeno e i suoi acidi debbono portarsi sul rame. Così quando l'equilibrio trovasi rotto, il ferro si

ossida più presto, e il rame caricasi di depositi terrosi ed alcalini: vi si attacca un gran numero di piante marine o di conchiglie che ritardano il cammino del vascello.

ALBERTO. Non v'ha allora dubbio sull'effetto elettrico dei metalli in contatto, ed io comprendo bene come avverrebbe che sfoglie di rame con chiodi di ferro non terrebbero a lungo, a motivo della deteriorazione del ferro.

MORIZIO. Debbo ora parlarvi di alcune scoperte ancor più recenti, e tanto recenti, che appena la loro realtà è constatata.

De la Rive ebbe la felice idea di adoperare l'elettricità per dorare i metalli. Una corrente elettrica, decomponendo una soluzione d'oro, debbe trarre le particelle di esso sul metallo da dorarsi, se quest'ultimo è elettronegativo in rapporto ad un altro cui si pone a contatto. Ecco il processo di de la Rive.

Collocasi l'oggetto da dorare in una soluzione molto diluita di cloruro d'oro, che è chiusa ella stessa in un sacco cilindrico di cartapecora o di vescica. Basta immergere questo sacco in un vaso d'acqua acidulata, in cui ponesi una lastra di zinco, poi stabilire, col mezzo d'un conveniente conduttore, un contatto fra lo zinco e l'oggetto da dorare, il quale indorasi da sè, pel deposito che si fa sulla sua superficie, colla massima perfezione. Si può mettere l'acqua acidulata e lo zinco in una cartapecora, e versare la soluzione

d'oro in un vaso, per esempio, di cui vorrebbe dorarsi l'interiore solamente *1.

Jacobi spinse più lunge questa scoperta, dandole un'altra direzione. Sottopose dapprima all'azione della corrente elettrica delle lastre su cui erano stati scolpiti de' caratteri o figure. Queste piastre immerse in una soluzione di solfato di rame attirano il metallo molecola per molecola, e s'ottengono lastre novelle che offrono i caratteri medesimi e le figure. Numerosi sperimenti gli fecero conoscere che, per avere una lastra ben aderente, poco fragile, doveva impiegare una corrente debolissima e costante, ed una soluzione di rame fatta a caldo, pura e molto satura. La *galvanoplastica* o l'arte di modellare col galvanismo fu inventata: è una scienza che conta appena qualche anno di vita.

Tuttavia ella ha già fatto immensi progressi fra le mani medesime del suo inventore. Questi trovò, a forza di sperimenti, potersi produrre la decomposizione del rame fra *electrodi* (poli) dello stesso metallo, non adoperando che una sola coppia voltaica. L'anodo (polo per cui entra la corrente) si discioglie: la riduzione del metallo ha luogo alla superficie del catodo (polo opposto).

*1 Le spese di doratura per un cucchiaino da caffè carico d'ornamenti quanto si voglia, non oltrepassano quaranta centesimi, non compresa la mano d'opera, che, come vedesi, è quasi insignificante. Più debole è la corrente, più perfetta è la doratura.

In questo modo, l'apparecchio in cui si opera l'impronta galvanica può essere intieramente separato dalla coppia voltaica che ingenera la corrente. Questa disposizione è preziosa in questo senso, che nulla si oppone a ciò che si sommette al processo galvanoplastico bassi rilievi d'una gran dimensione *1.

Siccome l'elettricità non agisce che alla superficie dei corpi, avvece di servirci d'un basso rilievo metallico a fine di deporvi l'impronta galvanica, possiamo adoperare qualunque altra sostanza sparsa d'una polvere metallica impalpabile. Può dunque ottenersi una lastra di rame galvanica, o spargendo una forma di cera, di legno, di gesso e simili, con una polvere impalpabile di rame, o piuttosto di grafite, corpo elettromotore quanto il rame.

*1 Jacobi ha fatto in cinque o sei giorni un basso rilievo di 42 centim. su 28. La piastra galvanica prodotta pesava 911 grammi. Per ottenere questo risultato, si servi d'una sola coppia voltaica a tramezzo (di 1^m2 quadrato), carica di solfato di rame, e d'una debole soluzione di solfato di soda.

Il punto più importante di questa operazione è d'ottenere una corrente galvanica costante; a quest'uopo si pone lo zinco e il rame in un vaso separato da una membrana di cartapeccora o di vescica in due scompartimenti eguali. Questa membrana non toglie ai liquidi di comunicarsi, ma non li lascia mescolare insieme, e si può avere in ciascheduno scompartimento un liquido capace d'impedire il deposito dei prodotti della reazione sulle anime.

Ecco il principio della pila a corrente costante di Daniell.

Il processo di Jacobi è così sensibile e perfetto, che potè servire, come di stampo, ad una lastra in cui trovavasi un'immagine fotogenica presa al daguerrotipo. L'azione voltaica produsse, dopo ventiquattr'ore, una foglia di rame d'una pulitura perfetta in cui trovavasi l'impronta, infinitamente più spessa dell'immagine daguerriana. Solo l'ombra e le luci erano in senso contrario. Fizeau ha presentato all'accademia delle scienze il 24 maggio 1841, saggi d'una grande perfezione, senza alterazione dell'immagine daguerriana originale; si può, dic'egli, ottenere un buon numero di questi saggi da una medesima lastra.

Gli stessi principii condussero Boquillon a inventare il suo elettrotipo, con cui si può perfettamente riprodurre in rame il *fac simile* esatto d'una medaglia. Questo apparecchio semplicissimo e commodissimo offre una grande perfezione.

La scienza è appena creata, ed ecco che i processi moltiplicansi, gli strumenti si perfezionano. Il galvanismo, racchiuso dalla sua origine nel gabinetto degli amatori, rompe oramai questo angusto confine. La galvanoplastica è il suo primo sicurissimo passo, e noi non tarderemo forse a vedere lo stesso principio somministrarci un motore novello, un nuovo metodo d'illuminazione, un mezzo più pronto e pressochè istantaneo di trasmettere i nostri ordini a maravigliose distanze. Da lungo tempo di fatto si riflette

seriamente a tutti quest' punti, come v'ho detto: le invenzioni esistono, ma importa renderle applicabili sur una grande scala, e liberarle dalle imperfezioni inseparabili d'un'arte in infanzia. La fisiologia, la medicina stessa, non tarderanno ad improntare a questo agente, più universale ancora che misterioso, i loro più energici processi. Scorsero cinquanta e più anni dacchè Galvani, nuovo Prometeo, sospendendo al suo balcone i suoi ranocchi pelati, rubò alla natura il più mirabile de' suoi segreti: è nel 1820 solamente che Ersted aggiunse, creando l'elettromagnetismo, una pagina di più a queste grandi scoperte. Nel 1839, Daguerre costrinse il sole a servirgli di pennello: e ai dì nostri Fizeau, Boquillon, Jacobi e molti altri obbligano un fluido che non può vedersi, sentirsi nè contenersi, un fluido imponderabile, di cui non può venir constatata la materialità, a farla da editore, per dir così, da se stesso ai lavori de' nostri grandi maestri.

Ecco gli immensi risultati; e non è difficile il vedere che grandi scoperte si vanno preparando, e che una gloria infinita in questo genere è riservata al nostro secolo.



TRATTENIMENTO XII.

Fenomeni meteorologici.

Ho tralasciato a bella posta di parlarvi d'un certo numero di fenomeni, di cui ora disegno intrattenervi, per riunirli tutti insieme. Voglio dire dei fenomeni che hanno rapporto coll'atmosfera: non sono i meno curiosi e i meno mirabili.

Fin qui voi siete famigliarizzati colle principali proprietà fisiche dell'aria: conoscete la sua leggerezza, la compressibilità, la composizione, la temperatura. Ma noi non istudiammo ancora l'aria come massa atmosferica che involuppa il globo.

Non vi ripeterò quanto vi ho già detto precedentemente sul volume e la massa d'aria che ci circonda.

Debbo tuttavia ritornarvi alcuni momenti per offrirvi un'idea dei *palloni* o AEROSTATI.

L'invenzione dei palloni data dal 1783, e va dovuta a Montgolfier.

Questo celebre aeronauta costruì una specie di sacco di tela ricoperto di carta d'un diametro di 35 piedi. Alla parte inferiore era un'apertura sotto la quale trovavasi uno scaldavivande, di cui il fuoco era destinato a rarefare l'aria interna. L'aria calda gonfiò di fatto il pallone, che si elevò ad una grande altezza e ricadde quando il foco dello scaldavivande fu estinto. Lo stesso anno *Pilatre*

du Rosier e il marchese d'*Arlande* s'innalzarono in una navicella sospesa all'apparecchio di *Montgolfier*, e traversarono Parigi a 500 tese al di sopra del suolo, facendo due leghe in 17 minuti.

Charles ebbe l'idea di sostituire all'aria calda di *Montgolfier* un gaz molto più leggero, l'*idrogene*. Fece un viaggio aerostatico in un pallone di 26 piedi solamente di diametro. Nel 1785, *Blanchard* passò in questo modo la *Manche*. Dopo quell'epoca un gran numero di viaggi si compierono.

FIGURA 45.

La costruzione d'un pallone è semplicissima: la figura che io vi pongo sott'occhio può darvene un'idea.

È un globo di tela gommata racchiuso in un filo che ha per iscopo di proteggerlo e dare un punto di sospensione sicuro e comodo alla navicella in cui si colloca l'aeronauta. Si riempie a metà l'inviluppo d'idrogene. Il peso degli accessori debb'essere calcolato in guisa, che l'apparecchio possa elevarsi con una forza ascensionale di 4 ovvero 5 chilogr. A misura ch'egli sale, incontra aria vieppiù rarefatta, che ne comprime altrettanto le pareti. Il pallone trovasi dunque naturalmente gonfiato; e se dappprincipio si fosse riempito d'idrogene, si romperebbe infallibilmente. Quando il pallone è ben teso, aprendo una valvola, perde del gaz, e per conseguenza del

peso: se si tende ancora, continua ad elevarsi: ma dacchè non è più teso, l'inviluppo discende. Per moderarne la caduta, adoperasi un altro apparecchio, detto paracaduta, che, in forma di parapioggia, offre una superficie abbastanza grande all'aria che lo sostiene.

Il più bel viaggio aereo è quello di Gay-Lussac nel 1804. Esso arricchì la scienza di fatti importanti e d'osservazioni meteorologiche curiose, da cui tirammo profitto già più d'una volta *1. L'ardito fisico erasi elevato a circa 7,000 metri, e andò a cadere presso Rouen.

Si credette che i palloni avrebbero un risultato immenso per la scienza e l'industria. Un pallone fu adoperato per osservare le posizioni del nemico alla battaglia di Fleurus; ma questo mezzo venne tosto abbandonato, come pure si rinunziò all'uso dei palloni per minorare il peso degli oggetti da trasportarsi. Infine, malgrado pomposi annunci, tutti i mezzi impiegati per dirigere i palloni nell'aria furono fino ai dì nostri inefficaci.

*1 Gay-Lussac portò a terra dell'aria dalle alte regioni per farne l'analisi. Si accertò così che l'aria ha dappertutto la stessa composizione. — Si riconobbe che la forza che dirige l'ago calamitato agisce meno vivamente a grandi altezze. — Gay-Lussac vide sulla sua testa nuvole che gli parvero elevatissime. — Esso riferisce che là regna il più assoluto silenzio, non sentendosi vento, peccchè si ha la velocità medesima: la siccità è estrema; la respirazione affannosa, e si prova una febbre ed un freddo vivissimo.

Entriamo ora in qualche particolare sui fenomeni atmosferici.

Una delle cause che più influiscono sui fenomeni atmosferici, è l'umidità. Sapete che il vapore di molti liquidi, il vapor d'acqua soprattutto, è più leggero dell'aria: essa debbe fare per conseguenza continui sforzi per elevarsi fino a strati molto rarefatti per non presentare una differenza sensibile nel peso. L'aria, pesando sulla massa, s'oppone a questa evaporazione; ma siccome ella offre degli interstizii, dei pori considerevoli, non impedisce tutt'affatto al vapore di sollevarsi.

MARIA. Se si facesse il vuoto, l'evaporazione si farebbe più presto infallibilmente.

MORIZIO. Nelle fabbriche da zucchero si fa con trombe una specie di vuoto al di sopra dei sciroppi che condensare si vogliono. Il calore adoperato non ha bisogno di essere così violento. Vi si guadagna doppiamente, perchè d'una parte i sciroppi non si rapprendono in fondo ai tubi, ed all'altra si economizza il combustibile. Quando i chimici hanno duopo d'una evaporazione rapida, pongono il liquido sotto il recipiente della macchina pneumatica con una sostanza capace di assorbire il vapore a misura che si eleva. Si forma allora un'atmosfera artificiale intorno ai corpi posti a sperimento.

ALBERTO. L'evaporazione assorbe del calore; ella si fa più presto nell'alto delle montagne poichè l'aria vi è meno densa. Questa è probabilmente, colà una potente causa di freddo.

MARIA. Per conseguenza, l'evaporazione debbe farsi meno presto in fondo alle valli, in cui d'altronde scorrono le acque vicine.

MORIZIO. Sono vere le vostre induzioni. La frescura estrema delle valli è dovuta in parte alla poca circolazione dell'aria che non lascia gran posto all'evaporazione quando è satura. Così, quando si voglia favorire l'evaporazione d'un liquido, si ha gran cura di mantenere una corrente d'aria asciutta.

L'evaporazione che s'opera costantemente sulla terra è importantissima, e se le piogge non venissero a compensare le perdite, il globo sarebbe tosto disseccato. A Parigi s'evapora ogni anno sull'acqua una superficie spesso di 90 centim. Nel mezzogiorno della Francia, questo strato è di 81 centim., e di 70 soltanto in Inghilterra *1. La terra vegetale nuda lascia svaporare 24 centim. Essa dà 27 centim. quando è coperta di vegetazione.

MARIA. Come si può ella constatare l'umidità dell'aria?

MORIZIO. Ecco una caraffina ripiena d'acqua fresca. Essa fu bene asciugata prima di metterla sulla tavola. Perchè dunque si copre di gocciollette d'acqua in capo a qualche minuto?

ALBERTO. Gli è perchè il vapor d'acqua dell'atmosfera viene a condensarsi sul vetro freddo.

*1 L'evaporazione media della zona temperata è di mill. 2,2 per giorno. L'evaporazione della notte è quasi sempre più che compensata dalla rugiada.

MARIA. È questo senza dubbio il motivo per cui il sale fonde quando l'aria è umida.

MORIZIO. Ecco già due mezzi di constatare l'umidità dell'aria. Ma la scienza ne somministra altri più perfetti, conosciuti sotto il nome di *igrometri*, *igroscopi* *1. Questi ultimi fanno *vedere* l'umidità: l'igrometro la misura. Vedeste qualche volta, presso i mercanti d'oggetti di fisica, dei cappuccini di cartone, di cui il cappuccio s'abbassa quando è bel tempo, e si rialza quando il tempo è umido. Tale effetto producesi d'un modo semplicissimo: il cappuccio è attaccato al suo luogo col mezzo di una *corda di minugia*, sensibilissima all'umidità. Questa corda rilassandosi lascia cadere il cappuccio sulla testa del frate, e lo ritira al contrario contraendosi quando l'aria è asciutta.

L'igrometro a capello di Saussure è il migliore strumento di questo genere. I capelli ben lavati hanno la proprietà di stendersi e contrarsi ad una medesima lunghezza per uno stesso stato d'umidità. È facile concepire un capello attaccato d'un modo fisso ad un punto qualun-

*1 L'acido solforico assorbe in qualche giorno dodici e quindici volte il suo peso d'acqua: la più parte delle sostanze vegetali e animali disseccate assorbono dell'umidità. La calce viva si sfiora all'aria a motivo dell'umidità. L'acido cloridrico, l'acido solforico anidro e simili fumano all'aria condensando sopra di sè il vapor d'acqua che incontrano. La chimica ci fa conoscere un gran numero di sali che, come il sal marino, sono deliquescenti.

que, dopo che ha fatto un giro intorno ad una ruota. Quando il capello si distende e s'allunga, il peso discende e la ruota gira: un ago fissato sul suo asse segna il movimento. Quando ritorna la siccità, il capello si contrae, fa risalire il peso, e la ruota gira col suo ago in senso inverso. È lo stesso genere di meccanismo come il barometro a quadrante, se non che il capello è attaccato per un capo ad un punto fisso.

Al livello delle abitazioni, l'igrometro indica che l'aria contiene la metà circa dell'umidità ch'essa può contenere. Al momento delle più grandi piogge essa non è ancora satura; ne potrebbe contenere un decimo di più. Nelle maggiori siccità, contiene un sesto di vapore. Ad un'altezza di 6000 metri, Gay-Lussac ha trovato ch'essa ne contiene un ottavo *1.

All'umidità dell'aria sono dovute tutte le meteore acquose.

*1 L'igrometro non indica direttamente il grado reale di saturazione. Gay-Lussac ha fatto una concordanza fra i gradi dell'igrometro e la quantità relativa di vapore.

<i>Igrometro.</i>	<i>Stato reale.</i>	<i>Igrometro.</i>	<i>Stato reale.</i>
0	0 maximum di siccità.	40	20,78
1	0,45	50	27,79
2	0,90	60	36,28
10	4,57	70	47,19
20	7,55	80	61,22
30	14,78	90	79,09
		100	100 maximum di saturazione.

La RUGIADA, per esempio, è l'umidità di cui i corpi si coprono nell'aria a motivo del loro raffreddamento. Da soli quarant'anni noi dobbiamo al dottor Wels una teoria completa su questo fenomeno.

Vedemmo precedentemente che i corpi irradiano il calore più o meno bene, secondo la loro natura e forma. Dopo una giornata calda, in assenza del sole, i corpi scaldati debbono dunque emettere differenti proporzioni di calore e altrettanto raffreddarsi. Può dunque avvenire che tale oggetto sia a quattro o cinque gradi solamente, quando l'aria segna ancora dieci o dodici. Accade allora a questo corpo ciò che accadde poco fa a questa caraffina d'acqua fresca, su cui si formarono le gocciollette.

Se vicini corpi emettono a loro volta dei raggi che cadono sul corpo vicino, il raffreddamento si fa con maggiore lentezza: può essere insensibile e venir compensato dalla evaporazione. Le mura, gli alberi, gli edifizî tolgono spesso alla rugiada di fissarsi sugli oggetti vicini. Le nuvole stesse inviano alla terra de' raggi calorifici: così è cosa facile osservare, che la rugiada non è abbondante se non quando il cielo è perfettamente sereno. È necessario altresì ch'egli sia in calma, perocchè l'agitazione dell'aria dà a tutti i corpi ambienti una temperatura troppo uniforme perchè il vapore possa condensarsi.

La SERENA è una piccola pioggia quasi invisibile.

bile, che cade sovente nelle sere d'estate, senza che si veggano nuvole in cielo. Questo fenomeno s'osserva soprattutto nelle vallate. La sua origine è poco più poco meno la stessa che l'origine della rugiada; è il vapore sparso invisibilmente nell'atmosfera che si condensa alla superficie della terra.

Voi sapete che il vapore ha un maximum di tensione per ogni temperatura. A 20° per esempio, questa tensione è più considerevole che a 10°. È facile vedere d'altronde, che dopo un giorno caldo, la temperatura s'abbassa al tramonto del sole, tutta l'acqua evaporata non può restare in libertà, il soverchio cade in piccole gocce minutissime.

Le **NEBBIE** sono tutte l'opposto della rugiada e della serena: esse s'innalzano quando la temperatura del liquido è superiore a quella dell'aria. Il vapore ha per esse una tensione superiore a quella dell'aria in cui si elevano. Il vapore dell'acqua calda è una vera nebbia: v'ha nebbia inoltre ogniqua volta due masse d'aria d'ineguale temperatura e sature d'umidità si mescolano, perchè allora vi ha condensazione nel vapore formato: senza questa condensazione il vapore resterebbe invisibile.

Dicesi **BRINA** quella piccola pioggia che risulta dalla condensazione della nebbia: essa prende nome di **BRINA GELATA**, quando, nei tempi freddi, cambiasi, toccando i corpi, in piccole guglie di ghiaccio.

Le **NUVOLE** sono ammassi di nebbie sospesi nell'aria e tenutevi a maggiore o minore altezza. V'ingannereste sulla loro natura, se ve le figuraste come formate di vapore: ve l'ho già detto che il vapore è invisibile ed impercettibile all'occhio quando si condensa. Questo vapore condensato è perfettamente simile ad infinitamente piccole bolle di sapone, racchiudenti dell'aria più calda e più leggera che l'aria ambiente.

MARIA. Come avviene egli dunque, che l'aria delle vescichette di vapore sia più leggera che l'aria onde sono circondate, la quale pur trovasi ad eguale altezza?

MORIZIO. Quando i raggi di calore traversano l'aria senza incontrare de' corpi che li riflettono, essi la scaldano infinitamente poco. Ma quando incontrano un corpo che li assorba, le vescicolette acquose per esempio, le scaldano altrettanto più, quanto l'aria ch'esse racchiudono è imprigionata, e per conseguenza sempre la stessa. La natura delle nuvole è facile a conoscere. D'ordinario elleno si mantengono a 1000 metri al di sopra delle nostre teste. Si va facilmente al di sopra di esse, sia in un pallone, sia salendo sur una montagna. Talvolta s'abbassano sulla terra senza rompersi e risolversi in acqua.

Quando le vescichette delle nuvole vengono a rompersi, a mescolarsi, v'ha formazione di **PIOGGIA**. È l'accumulazione del vapore e l'agitazione dell'aria che formano principalmente la pioggia:

l'elettricità vi ha pure gran parte, come vedremo tosto. Quando l'atmosfera è umida e fredda per esempio, se viene dal sud o dall'ovest un vento più caldo che sia altresì saturo d'umidità passando i mari, la differenza di temperatura risolve subito il vapore in vescicolette, e queste rompendosi non mancano di formare la pioggia *1.

La NEVE pare formarsi nelle alte regioni atmosferiche, dove la temperatura è costantemente molto al di sotto dello zero. Alcuni fenomeni d'ottica provano che nuvole così congelate mantengono qualche tempo nell'atmosfera. Il vapore può egualmente congelarsi senza passare allo

*1 V'hanno luoghi in cui piove più di rado, altri in cui la disposizione del suolo e dei vapori che s'innalzano menano spesso piogge abbondanti. Una specie d'imbuto con un serbatoio cilindrico in fondo e un tubo di vetro da fianco formano uno stromento nominato *eudiometro*, che posto in piena aria, lunge dall'influenza dei muri, dei tetti e simili, indica la quantità d'acqua che cade ogni anno in un luogo.

Cade ogni anno uno strato di 308 cent. d'acqua a S. Domingo.

140 a Genova.

95 a Napoli, Milano, Douvres.

89 a Lione.

81 a Venezia.

66 a La Rochelle.

53 a Londra.

50 a Parigi.

47 a Marsiglia

46 a Pietroburgo.

43 a Upsal.

stato vescicolare; i piccoli cristalli che si formano, s'attaccano insieme per le loro facce regolari nel cadere, e traggono seco una certa quantità d'altri vapori che, subitamente raffreddati, si uniscono ai cristalli, e formansi così dei fiocchi.

La NEVE GHIACCIATA pare formata di fiocchi compatti, spesso coperti d'uno strato di ghiaccio: ciò che li fa scricchiolare sotto i piedi. Infine, il NEVISCHIO non è che pioggia, la quale cade sur un suolo molto freddo per condensarsi tosto.

Si notarono in varii luoghi e in ogni tempo delle *nevi rosse*. *La neve stessa*, dice Plinio, *s'arrossa invecchiando*. I dotti moderni sono più esigenti che gli antichi: essi non vollero ammettere l'asserzione di Plinio senza prova. E bene fecero, perocchè l'analisi chimica constata, che la tinta rossa di certe nevi è dovuta a un vegetale infinitamente piccolo (*uredo nivealis*). Questo vegetale si sviluppa e cresce nella neve: la sua vegetazione nell'acqua pare del tutto incompleta.

Si osservarono spesso delle piogge di varie materie, che parevano essere state elevate alla superficie della terra da violenti turbini. Si diede il nome d'AEROLITI a pietre che parevano cadute dal cielo. La loro origine è così misteriosa quanto la loro esistenza è ben constatata. Gli uni pretendono che queste pietre sieno slanciate dai vulcani della luna e vengano nella sfera d'attrazione della terra. Altri credono esistere essi già bellefatti negli spazii celesti, come avanzi d'un

altro mondo, e trovarsi attirati dalla terra quando sono a lei vicini. Altri considerano queste pietre come masse lanciate dai nostri vulcani con una grande velocità. Queste masse, dopo aver descritte più circonferenze intorno alla terra, perdono infine poco a poco la loro forza e finiscono per arrestarsi. Per difetto d'una seria spiegazione appoggiata a fatti, il campo resta perfettamente libero alla immaginazione.

La pioggia ordinaria è spesso accompagnata da un fenomeno particolare: è un arco formato dei più ricchi colori, che voi conoscete sotto il nome di ARCOBALENO. Avete notato voi medesimi che i colori dell'arcobaleno sono quelli del prisma, e che questo fenomeno non appare se non dalla parte del cielo opposta al punto in cui il sole si trova. Niun dubbio che questo fenomeno, il quale mai non si vede se non in tempo di pioggia e quando la caduta di essa è sensibile al punto in cui l'arcobaleno si forma, non sia dovuto alla decomposizione dei raggi del sole in ciascheduna goccia che fa isolatamente l'effetto d'un prisma. I colori che l'occhio riceve vi sono recati dopo essere stati *rifratti, riflessi e decomposti*. La bellezza dell'arcobaleno dipende dalla intensità della pioggia e dalla perfetta sfericità delle gocce: la sua grandezza proviene dalla posizione del sole. Provasi di fatto che l'arcobaleno forma tutto o parte della circonferenza della base d'un cono, di cui la punta sarebbe all'occhio dell'os-

servatore, e di cui l'asse potrebb'essere prolungato dal pensiero al centro del sole. Dietro a questa costruzione, se il sole è all'orizzonte, la superficie dell'orizzonte taglierà il cono, e per conseguenza l'arcobaleno in due parti eguali. Ma se il sole è più elevato, l'arco visibile dovrà tanto abbassarsi, come se l'asse e il suo prolungamento facessero equilibrio al punto preciso in cui trovasi l'occhio dello spettatore *1.

Noi parliamo fin qui della formazione della pioggia, ci resta a discorrere delle circostanze che accompagnano la sua caduta, vale a dire dei venti e degli uragani.

I VENTI sono correnti d'aria più o meno energetiche, di cui vi è perfettamente noto l'effetto, almeno alla superficie della terra, in cui soffiono

*1 Si conoscono altri fenomeni luminosi sotto il nome di *aloni* e di *parelii*. Gli *aloni* sono circoli lucidi e spesso colorati che si veggono sovente attorno al sole e alla luna. L'opinione la più verosimile sulla loro formazione è quella di Mariotte: questo fisico crede che gli *aloni* siano dovuti a piccole guglie trasparenti e prismatiche le quali formano la neve. Le osservazioni di Arago danno un gran peso a questa opinione.

Diconsi *parelii* un certo numero di falsi soli formati sur un cerchio bianco orizzontale, di cui l'asse passerebbe dall'osservatore e il suo zenith, e la circonferenza passerebbe dal sole vero. Questo fenomeno rarissimo sarebbe dovuto, secondo Huygens, ad una quantità di piccoli cilindri di grandine che avrebbero un involuppo trasparente e un nocciolo cilindrico di neve opaca. Sarebbe dovuto egualmente alla rifrazione e riflessione de' raggi luminosi.

quasi orizzontalmente. Sapete che si designano col nome di quattro venti cardinali e di loro suddivisioni. Un cerchio del centro da cui partono 32 raggi, sui quali si scrissero questi nomi, prende il titolo di *rosa dei venti*. Ciascheduna appellazione dicesi *rombo di vento*.

Ad una certa altezza, la veduta delle nuvole basta per provare che i venti cambiano spesso di direzione, e che soffiono spesso in più direzioni ad una volta. Ma v'hanno dei venti che tengono una direzione costante: così i *venti etesii* soffiano tutto l'anno verso l'ovest nel tropico in cui trovasi il sole; i *monsoni*, così sensibili nel mare delle Indie, soffiano verso il nord-est quando il sole è al nord dell'equatore, e al sud-est quando il sole è al sud; le *brezze*, le quali non si fanno sentire che sulle coste, soffiano da terra o da mare secondo le ore del giorno.

È certo che queste correnti s'originano dalle differenze di temperatura nei varii luoghi, combinate colle differenze di velocità impressa alle molecole dell'aria a diverse altezze, senza che si abbia dato fin qui una spiegazione ben certa di questi risultamenti.

Fra i *venti irregolari* distinguonsi i venti d'impulsione e i venti d'aspirazione. L'esistenza dei venti d'impulsione non è contestata: si suppone pure che il vento provenga sempre dall'*aria spinta, scacciata*. La cosa non è sempre così. Per

esempio, Francklin osservò a Filadelfia un vento violentissimo del nord-est che non si fece sentire che quattro ore più tardi a Boston, il quale trovasi nullameno più al nord. Suppose che questo vento fosse originato da una rarefazione nel golfo di Messico: aveva dovuto formarsi in quel tratto di mare un vuoto che sarebbe stato riempito di luogo in luogo come per aspirazione.

Misurasi la velocità del vento con un apparecchio formato d'un tubo contenente uno stantuffo, a cui è fissa una piastra contro la quale viene a battere il vento. La forza del vento fa addentrare più o meno lo stantuffo spinto da una molla *1. Si notò che la forza del vento è quadrupla quando la velocità è solamente doppia.

I venti arrecano nei luoghi ove sono necessarie le nuvole che, a motivo della pioggia ch'elleno spargono, sono destinate ad inaffiare le terre,

*1 Quadro della velocità e forza di pressione de' venti :

Un vento appena sensibile ha una velocità per ogni secondo di	0 ^m 45	Esercita ogni piede qua- drato (105 centimi) una pressione di	= 2 gr. 2
Brezza leggera	0, 90	. . . . .	9
Vento fresco	1, 38	. . . . .	35 8
Forte brezza	8, 94	. . . . .	892 6
Vento impetuoso . .	13, 41	. . . . , . . . .	2088 3
Bufera	17, 88	. . . . .	3570
Gran tempesta . . .	22, 35	. . . . .	5577
Uragano che sterpa le piantee abbatte le case	44, 71	. . . . .	22309

ad alimentare le sorgenti delle fontane e de' fiumi. I venti per se stessi rinnovellano l'aria, fecondano i fiori e portano spesso lontano i semi dei più grand'alberi. Tutti sanno quanto i venti siano utili come forza motrice dei molini da terra e dei bastimenti sull'oceano. Se ci paiono talvolta nocevoli, gli è perchè, come in molte altre cose, noi non vediamo in essi che un effetto isolato ed infelice d'una causa così feconda di risultamenti utili.

Questa riflessione mi trae a dirvi qualche parola de' risultati disastrosi e spesso maledetti d'un principio di cui ora conoscete la fecondità, voglio dire dell'elettricità atmosferica, cagione delle tempeste.

Che i fluidi elettrici siano isolati in seno alle nuvole che portano la folgore, è un fatto di cui non possiamo dubitare: esso fu indovinato anche prima che si conoscesse bene l'elettricità.

Francklin riconobbe dapprima una proprietà curiosissima delle punte, quella di lasciare facilissimamente fuggire l'elettricità che non si sviluppa se non alla superficie dei corpi, e che debbe provare per conseguenza all'estremità di una punta una tensione infinitamente superiore a quella di ogni altra parte. Egli concepì medesimamente la speranza di rendere sensibile per questo mezzo l'elettricità ch'egli supponeva nelle nuvole; ma Dalibard fu il primo che ne fece esperimento. Sur una piccola capanna collocò una

sbarra di ferro di 13 metri, di cui *isolò* il piede; una nuvola procellosa venendo a passare sovr'essa, diede una scintilla all'avvicinarsi del dito. Questa sperienza fu fatta da tutti i fisici dell'epoca. Canton, per non essere costretto ad esaminare inutilmente il suo apparecchio, pose in comunicazione colla sbarra di ferro un piccolo campanello, poi un altro a poca distanza comunicante col suolo. Tra i due campanelli sospese una palla di metallo con un filo di seta. Il primo elettrizzandosi attirava vivamente la palla che gli serviva di martello. Una volta elettrizzato, la palla era attirata verso l'ultimo campanello, e formavasi così una curiosissima scampanata che durava quanto l'elettricità della sbarra.

Francklin vollè in appresso togliere alle nuvole la loro elettricità. Immaginò a quest'uopo che il cervo volante dei ragazzi fosse adattissimo a questa esperienza; e al primo uragano se n'andò ne' campi, solo col figlio, temendo, come egli medesimo ingenuamente confessa, le baie che gli sarebbero venute fallendogli l'esperienza. Il cervo volante fu slanciato, la nube passò, e niente di nuovo. L'inquietudine del fisico era estrema. Egli aveva perduta la speranza, quando vennero alcune gocce di pioggia che, bagnando la corda del cervo volante, accrebbero la sua facoltà conduttrice. Tosto egli vide de' fili che s'arricciavano: accostò il dito, e una scintilla partì dalla corda. Potete immaginarvi la gioia del gran fisico, che

s'arrisicò nullameno di tirarsi addosso il fulmine: perocchè sarebbe stato fulminato, se la corda si fosse trovata bastevolmente conduttrice.

Charles sostituì tosto alla corda di Francklin un filo metallico, di cui la sola estremità era di seta, per togliere all'osservatore d'esser vittima del suo sperimento. Romas immaginò di trarre le scintille non già col dito, ma con un eccitatore metallico o manico isolante e a catena metallica toccante il suolo. L'esperienza riuscì a perfezione. « Figuratevi, scriveva egli all'abate » Nollet, di vedere delle lingue di fuoco di 9 a » 10 piedi di lunghezza e di un pollice di grossezza » facienti più rumore che colpi di pistola. In » meno d'un'ora, ebbi certamente trenta lingue » di questa dimensione, senza contare mille altre » di 7 piedi e meno. Ma quello che più mi soddisfece, si è che le lingue più grandi erano » spontanee, e, malgrado l'abbondanza del fuoco » che le formava, esse cadevano costantemente » sul conduttore più vicino ».

L'elettricità delle nuvole ha le stesse cause che quella delle nostre macchine. Si forma costantemente alla superficie del globo pel contatto, per lo strofinio, per l'evaporazione, per le decomposizioni, per la vegetazione, per la combustione e via, una quantità enorme d'elettricità. Spesso i fluidi possono immediatamente ricomporsi senza scossa; ma spesso pure restano isolati nel vapore e nel gaz che li contengono.

Poichè i fluidi elettrici sono certissimamente isolati in certe nuvole, ci sarà facile renderci conto degli effetti delle tempeste. Voi indovinate che la luce proviene dalla riunione viva ed istantanea dei due fluidi attraverso lo spazio. Una nuvola elettrizzata positivamente va a scaricare ad una nuvola vicina la sua elettricità negativa; ma talvolta pure ha luogo sulla terra la riunione dei due fluidi. Quello della nuvola elettrizza per influenza i migliori conduttori che si trovano alla superficie della terra: essa respinge nel suolo il fluido simile e attira il fluido contrario all'estremità più elevata di questo corpo. In tal caso uno dei due, quello che può cedere più facilmente, va ad unirsi all'altro, fino a che l'elettricità della nuvola sia intieramente neutralizzata.

Il fuoco che n'esce è generalmente seguito da un colpo di tuono; voi comprendete che il tuono qui non è che il rumore che fa il fluido elettrico turbando l'aria: ciò che è veracemente a temere si è il fluido stesso. Così quando sentite il colpo del tuono, il pericolo è già da voi lontano: esso è anche già passato quando vedete il lampo.

Talvolta i fenomeni d'elettricità atmosferica sono collegati ad altri fenomeni che hanno luogo nelle viscere della terra, ma che sono rarissimi perchè se ne possa calcolare la connessione.

Talvolta vedesi una viva luce nei punti sporgenti dei corpi terrestri per poco ch'essi siano

buoni conduttori. Le estremità degli alberi delle navi lasciano vedere talvolta delle fiamme conosciute da' marinai sotto il nome di FUOCHI DI SANT'ELMO. Gli antichi attribuivano all'influenza di Castore e di Polluce questi stessi fenomeni, allorchè questi fuochi, veduti sulla punta delle picche degli eserciti romani, non pareano loro che avvertimenti del cielo.

Le reazioni che separano nella natura i due fluidi elettrici, spiegano bene come i luoghi ove l'evaporazione è più energica, la zona torrida, per esempio, sono i luoghi appunto in cui si formano più spesso le procelle. Arago pensa che mai non tuoni al di là di 75 gradi di latitudine.

Mi chiederete senza dubbio, come mai il rumore del tuono è così prolungato, quantunque il lampo sia istantaneo. La risposta è facile. La luce ci perviene quasi istantaneamente; questo fatto l'abbiamo provato. Lo stesso non è del suono. Se la luce solca l'aria sur una lunghezza di 1,000 metri, l'occhio è colpito istantaneamente; ma il suono non percorrendo che 340 metri ogni secondo, si vede poco dopo apparso il lampo, e noi intendiamo il rumore prodotto dal turbamento delle parti colpite le prime. Un minuto secondo dopo ci perviene il rumore delle vibrazioni operate 340 metri più lunghe: di modo che il rumore compiuto è di tre secondi per noi che così lo perceviamo. La folgore è tante volte 340 metri lontana da voi, quanti secondi impiega il

suono a farsi sentire, partendo dall'apparizione della luce.

Gli effetti del fulmine sono gli stessi che quelli che noi possiamo produrre col mezzo dell'elettricità: solo, essi sono più intensi. Spesso il fulmine ha operato la fusione dei metalli: ha arrossato, raccorciato fili metallici ch'esso poteva distruggere. In mezzo alle sabbie, si trovano tubi scavati d'arena pietrificata, di cui alcuni hanno fino a 10 metri, e nominansi fulguriti o tubi di folgore. È dimostrato che questi tubi erano prodotti dal passaggio del fulmine. Talora il fulmine segnala il suo passaggio strappando oggetti dal luogo ove sono attaccati, e trasportandoli lontano.

Il fulmine segue ognora la via tracciatagli dai migliori conduttori: esso solca l'aria a zigzag, secondochè incontra regioni più o meno umide: sulla terra preferisce i metalli agli animali. Ma gli animali, ogni cosa eguale, sono esposti più che i vegetabili. Esso cambia i poli degli aghi calamitati, e calamita o distrugge il magnetismo secondo le circostanze.

Noi dobbiamo soprattutto occuparci della folgore, a motivo dei pericoli che ci fa correre, e che la scienza può farci evitare sovente.

Mi fo sollecito a dirvi, che il terrore ispirato della folgore è esageratissimo. Nell'interno delle grandi città, è rarissima cosa che la folgore cagioni accidenti, a motivo del gran numero di conduttori metallici elevati sul passaggio della

nuvola carica di elettricità. Nelle campagne, ove i casi sono più frequenti, essi avvengono ancora assai di rado: e se bene si osserva, i giornali tengono conto di questi fatti, ci maraviglieremo piuttosto che così pochi essi siano.

Il fulmine cade più spesso sugli alti alberi che altrove: gli è perchè il fluido dell'albero è decomposto, e attira potentemente il fluido della nuvola. Se un uomo trovasi sotto questo albero, la folgore lo colpisce di preferenza, soprattutto s'egli ha bottoni metallici nelle sue vesti, un coltello in saccoccia o argento. Recano spesso maraviglia gli effetti singolari del fulmine: ce ne renderemmo meglio conto se studiassimo di più i fatti. Questi ultimi anni citavasi un accidente spaventoso avvenuto in una chiesa in tempo del sacrificio. Il fulmine era caduto dal campanile, punto più elevato del villaggio, terminantesi in una freccia metallica. Percorse quindi la chiesa per circoli, di cui non si può conoscere la ragione se non vedendo i luoghi: e giunto all'altare, il fluido risparmiò la vita del celebrante asfissando il diacono. Gli è perchè il diacono portava una stola con frangia metallica, mentre che il celebrante, a lui vicinissimo, era protetto da una pianeta di seta, di cui i nastri erano parimente di seta ricamata; gli facevano scudo anche i vasi sacri che furono riversati. Tuttavia il celebrante fu egli pure sbattuto per terra, e una delle sue scarpe fu portata lontano. Questo fatto lo spie-

gherete facilmente, quando vi avrò detto che, oltre i chiodi, questa scarpa aveva una di quelle larghe fibbie che i nostri padri portavano. Ciò basta per mettervi sulla via di spiegare tutti i fatti che in circostanze analoghe veduti vi verranno.

Saprete, per esempio, come si può essere preservati dalla folgore con un parapigioggia aperto sulla testa: gli è perchè la seta è un perfetto isolante. Saprete inoltre come sia cosa imprudente suonar le campane delle chiese in tempo di procella, perchè non si fa che facilitare, per l'agitazione, il movimento del fluido. Saprete infine che si ha ragione a raccomandarvi di non correre quando infuria il temporale, di non cercare di ricoverarvi all'ombra d'un albero, anche d'un alloro, che, secondo gli antichi, preservava dal fulmine; di chiudere le finestre degli appartamenti per evitare le correnti; che da ultimo, invece di levarvi la notte quando fulmina, non potete esser meglio che nel vostro letto, involuppati nella lana, cattiva conduttrice dell'elettricità, essendo in salvo dalle correnti e isolati da ogni conduttore metallico.

Il miglior preservativo è il *parafulmine*. Dicesi così una sbarra di metallo colla punta verso l'alto, collocata al di sopra delle case. La punta è rivestita di platino o di rame perfettamente dorato, perchè la superficie metallica sia sempre lucida. S'aggiunge a questa sbarra un conduttore metal-

lico destinato a comunicare a qualche profondità col suolo.

Settantacinque anni d'esperienza provano che i parafulmini salvano benissimo gli edifizi dalla folgore. Essi agiscono quasi sempre, non già attirando l'elettricità della nuvola come credesi dai più, ma spandendo un torrente di elettricità che va a neutralizzare quella della nuvola. Si ammette che una sbarra protegge efficacemente un circolo d'un raggio doppio della sua altezza. Ma si può dire, che se l'uso dei parafulmini fosse più generale, tutte le nuvole sarebbero neutralizzate passando sur una città.

La GRANDINE è uno degli effetti più curiosi dell'elettricità delle nuvole: essa cade raramente la notte, spesso alle ore più calde del giorno, e soprattutto durante il temporale: ella pare formarsi, secondo Volta, da due nuvole che si rimandano una all'altra le gocce d'acqua prima di lasciarle cadere a terra: è l'effetto elettrico della scampanata di Canton. Del resto, l'opinione di Volta non par spiegare sufficientemente i fatti comuni, benchè ingegnosissima.

L'elettricità è pure la causa probabile delle TROMBE, specie di nuvole che discendono e turbano in sulla terra. Le trombe sterpano d'ordinario con una violenza incredibile tutto ciò che incontrano sul loro passaggio. Alcune piogge di rospi segnalate dagli antichi non hanno forse altra cagione. Questo fenomeno pare dovuto al-

l'elettricità scaricata fra due nuvole che si incontrano in certa foggia. Si poterono creare piccole trombe artificiali.

Così tutti i fatti che i nostri padri consideravano come anomalie in natura, possono spiegarsi facilmente. Più c'innoltriamo nello studio delle scienze naturali, più ci persuadiamo, che l'universo è soggetto a leggi d'una semplicità maravigliosa, prova stupenda dell'esistenza e sollecitudine di un Essere supremo che ha tutto creato, e d'una potenza infinita che tutto governa.

FINE DEI TRATTENIMENTI.

PICCOLO DIZIONARIO**DI CHIMICA****A**

ACUMETRO. Strumento per misurare la delicatezza dell'udito e i gradi di sordità.

AEROMETRO. Strumento per eseguire le operazioni necessarie quando si voglia determinare il volume medio di un gaz.

ALCARAZAS. Vasi porosissimi adoperati per raffreddare l'acqua col mezzo dell'evaporazione.

ALCOOMETRO. Strumento per misurare la quantità d'alcool reale contenuta in un liquore.

ANEMOMETRO. Strumento per misurare la forza del vento.

ANEMOSCOPO. Specie di banderuola a quadrante.

ANGISCOPO. Specie di microscopio semplice.

ARMATURA. Corpi disposti nel complesso d'un apparecchio qualunque per mantenervi la più gran forza elettrica o magnetica possibile.

ATMOMETRO. Strumento proprio a segnare l'umidità che esala da un corpo bagnato.

AURORA BOREALE. Splendore più o meno abbagliante che appare nel cielo delle contrade settentrionali, e dura sovente per più ore. L'aurora boreale è spesso accompagnata da una deviazione dell'ago magnetico a grandi distanze. Furono vedute delle *aurore australi*.

B

BACINO IDROPNEUMATICO. Bacino d'acqua per raccogliere i gaz. Idrargiropneumatico, bacino di mercurio per raccogliere i gaz che sono solubili nell'acqua.

C

CALORIMETRO. Strumento per misurare il calore specifico dei corpi.

CLESSIDRA. Orologio ad acqua con cui si misura il tempo collo scolod'una certa quantità d'acqua.

CRONOMETRI. Orologi marini.

CURSORE. Indice che si fa scorrere sulla scala d'uno strumento.

D

DELIQUESCENZA. Proprietà di liquefarsi assorbendo l'acqua sparsa nell'aria.

DIAMETRO. Linea diritta che unisce i due punti d'un circolo passando pel centro.

DINAMOMETRO. Strumento per paragonare le differenti forze.

DIOTTRICO. Ramo di fisica che comprende le proprietà della luce rifratta.

E

ECCITATORE. Strumento a manico di vetro per iscaricare senza pericolo le macchine elettriche.

ELEMENTI. Corpi fino a' dì nostri indecomponibili.

ELICE. Linea tracciata in forma di vite intorno ad un cilindro.

ENDOSMOSI, corrente verso l'interno. Quando s'immerge nell'acqua pura un tubo chiuso con una pelle di vescica e pieno d'una soluzione di gomma, il livello del tubo si eleva tosto, benchè i due livelli siansi resi eguali. Il passaggio dell'acqua attraverso la membrana dell'interno del tubo è appunto ciò che dicesi *endosmosi*. Se si ponesse il liquido meno denso nel tubo il livello s'abbasserebbe. Questo fenomeno dicesi *esosmosi*. L'endosmosi tiene luogo in certe funzioni dei vegetali e degli animali per l'*assorbimento* de' sughi nutritizii.

ENOMETRO. Strumento per misurare la spiritosità del vino.

ESOSMOSI. Vedi **ENDOSMOSI**.

EOLIPILO. Piccolo apparecchio che produce un soffio, un movimento, quando se ne fa uscire un gaz per mezzo del calore.

EQUIVALENTI. Proporzione d'un corpo che tien luogo esattamente d'un altro in una combinazione chimica.

EUDIOMETRI. Strumenti che servono ad analizzare i gaz colla combustione.

F

FOCO. Punto in cui si riuniscono i raggi luminosi che attraversano una lente.

FONTANA di compressione. Serbatoio d'acqua su cui si fa pesare un corpo solido, un liquido più denso o un gaz compresso per far zampillare l'acqua.

FOSFORI. Sostanze che s'inflammanno da loro al contatto dell'aria.

G

GALVANIZZAZIONE del ferro, o più esattamente *zincaggio del ferro*; operazione che consiste nel coprire una sfoglia di latta d'uno strato di zinco. Una parte di questo strato forma una lega solida col ferro: l'altra parte si ossida leggermente al contatto dell'aria. Poi l'ossido formato si cambia in carbonato insolubile per mezzo dell'acido carbonico dell'aria, e preserva dall'ossidazione la piastra intiera.

GLEUCOMETRO. Strumento per misurare la quantità di materia zuccherina contenuta nel mosto d'uva.

GRADO. Parte d'una misura o quantità qualunque.

I

IGNIZIONE. Stato dei corpi che ardono o sono scaldati al rosso.

ILLUSIONE. Fenomeno che si produce quando gli strati inferiori dell'aria sono molto riscaldati. I raggi luminosi sono rifratti su questi strati come se fossero riflessi da uno specchio, perchè hanno una densità sommamente diversa dai raggi superiori.

INTERFERENZE. Distruzione parziale de' raggi luminosi, quando per una rifrazione conveniente le loro vibrazioni cessano d'andar d'accordo.

ISOCRONISMO. Eguaglianza di tempo nei movimenti.

ISOLATOI. Corpi che non conducono il fluido elettrico e col mezzo de' quali si può isolare.

L

LACRIME bataviche. Gocce di vetro fuso che si raffreddano lasciandole cadere nell'acqua, e che scoppiano con rumore quando si rompono.

LATTOMETRO. Strumento per misurare la purità del latte.

M

MAGASCOPO. Camera nera modificata.

MOLECOLE. Piccole parti minutissime dei corpi.

MONTGOLFIERI. Aerostati costrutti secondo il sistema di Montgolfier.

N

NATURA. Complesso degli esseri che compongono l'universo.

O

OTTICA. Parte della fisica che tratta della luce.

P

PACOMETRO. Strumento per misurare lo spessore degli specchi.

PARAGRANINI. Pertiche terminate in una punta metallica per attrarre l'elettricità.

PARALLELOGRAMMA delle forze:

FIGURA 46.

Costruzione geometrica, col mezzo della quale si stabilisce, che *la risultante di due forze, di cui le direzioni fanno un angolo, è rappresentata esattamente in lunghezza e in direzione dalla diagonale d'un paralellogramma costruito su dette due direzioni.* Sia un punto A resistente e sollecitato da due forze A B, A C, formanti tra loro l'angolo B A C. Se la lunghezza delle linee rappresenta l'intensità relativa di due forze, si possono sostituire da una forza unica, di cui la direzione sarà rappresentata dalla direzione A D, e la forza dalla lunghezza relativa A D. Per avere la direzione e la lunghezza di A D. basta compiere il paralellogramma tirando la

linea C D parallelamente ad A B, e B D parallelamente ad A C; A D si troverà determinata dall'angolo D.

Da ciò ne viene, che si può sempre sostituire una forza sola a due forze che fanno un angolo, e che si può così decomporre una forza unica in altre variabili all'infinito, poichè si può fare un'infinità di parallelogrammi differenti sur una stessa diagonale.

PIROFORI. V. FOSFORI.

POLARIZZAZIONE della luce. Operazione col mezzo della quale si modificano i raggi luminosi con riflessioni o rifrazioni oblique, in guisa che si possono riconoscere a questi raggi differenti facce aventi ognuna delle proprietà diverse.

Ad un raggio verticale incidente, opponete uno specchio non impiombato che lo rifletta orizzontalmente in diversi azzimutti; otterrete così una luce riflessa più o meno intensa: ciò che prova, che le differenti parti dove si tocca il raggio non hanno le proprietà stesse. V'avranno due *maximum* e due *minimum* di riflessione. Per ottenere delli *maximum* e delli *minimum* così espressi, per quanto è possibile, importa che la superficie riflettente faccia un angolo col raggio polarizzato.

La polarizzazione della luce fu scoperta nel 1810 da Malus, e si è venuti a farne un ramo importante dell'ottica; onde si sorprese, per così dire, sul fatto, il movimento vibratorio de' raggi

luminosi, e si potè fissare la natura di essi. Arago provò colla polarizzazione che la superficie visibile del sole è gassosa e non solida; che le comete non sono luminose per se stesse e via.

POLO. Estremità dell'asse d'una sfera.

S

SERBATOIO comune. Dicesi così la terra in cui trovasi il fluido elettrico.

STADERA. Braccio d'acciaio ricurvo che forma una molla, la quale piegandosi più o meno, indica il peso d'un corpo.

T

TERMOMOLTIPLICATORE. Strumento destinato a rendere più sensibili le variazioni che il calore fa subire ai corpi.



Con permissione.

INDICE

Prefazione degli Editori	pag. III
<i>Introduzione.</i>	» 1

TRATTENIMENTO PRIMO.

Proprietà generali dei corpi. — Estensione. — Sistema metrico. — Vite micrometrica. — Impenetrabilità. — Sperienze sulla porosità; — sulla divisibilità. — Atomi chimici	» 3
--	-----

TRATTENIMENTO SECONDO.

Proprietà meccaniche dei corpi. — Esperienze sull'inerzia. — Forza centrifuga. — Mobilità. — Attrazione. — Gravità. — Peso. — Filo a piombo. — Livelli. — Pendolo. — Forma della terra fissata dall'azione della gravità	» 17
--	------

TRATTENIMENTO TERZO.

Principii di meccanica. — Caduta dei corpi. — Macchina di Athood. — Proiettili. — Equilibrio dei corpi. — Centro di gravità. — Equilibrio dei corpi umani	» 49
---	------

TRATTENIMENTO QUARTO.

- Disposizione delle molecole dei corpi. — Cristallizzazione. — Tempra dell'acciaio. — Duttilità dei corpi. — Tenacità. — Elasticità. — Attrito. — Urto dei corpi pag. 79

TRATTENIMENTO QUINTO.

- Delle macchine formate intieramente di corpi solidi. — Leva. — Piano inclinato. — Corde. — Macchine composte. » 98

TRATTENIMENTO SESTO.

- Equilibrio e movimento dei liquidi. — Equilibrio e movimento dei corpi gassosi » 130

TRATTENIMENTO SETTIMO.

- Del suono. — Cause ed effetti del suono. — Acutezza, gravità, intensità del suono. — Teoria musicale dei suoni. » 192

TRATTENIMENTO OTTAVO.

- Produzione del suono. — Vibrazione dei corpi sonori. — Onde sonore. — Strumenti di musica. — Voce umana. — Udito, orecchio » 222

TRATTENIMENTO NONO.

- Del calore. — Sua misura. — Effetti ch'essa produce sui corpi. — Come si propaga; come si produce » 241

TRATTENIMENTO DECIMO.

Dei fenomeni dovuti all'azione della luce . *pag.* 315

TRATTENIMENTO UNDECIMO.

Del magnetismo e della elettricità. . . . » 370

TRATTENIMENTO DUODECIMO.

Fenomeni meteorologici » 415

Piccolo dizionario di fisica » 441

FINE.

Fig. 1 p. 53

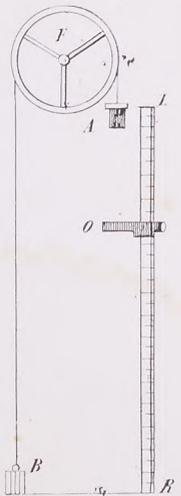


Fig. 2 p. 63

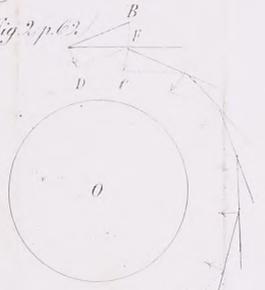


Fig. 3 p. 63



Fig. 4 p. 92 nota

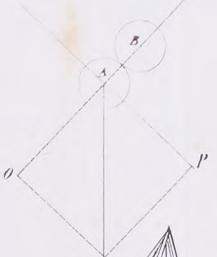


Fig. 5 p. 180



Fig. 6 p. 109

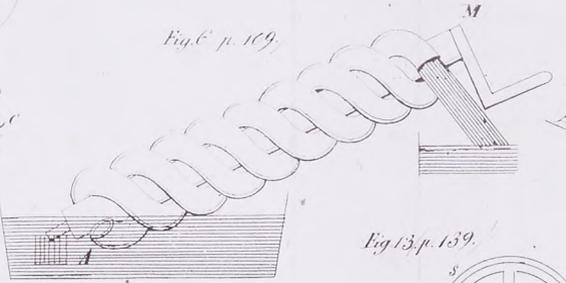


Fig. 7 p. 111

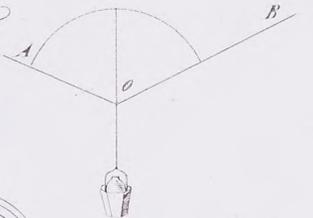


Fig. 9 p. 116

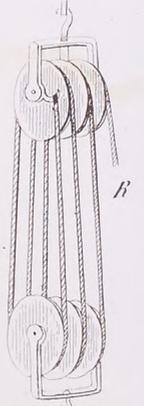


Fig. 10 p. 117

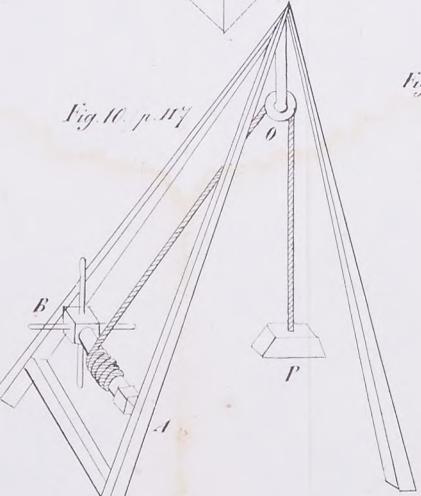


Fig. 11 p. 117

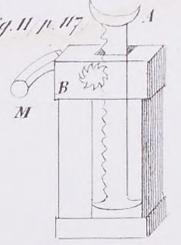


Fig. 12 p. 138

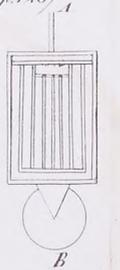


Fig. 13 p. 139

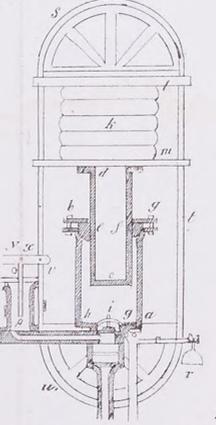


Fig. 14 p. 140

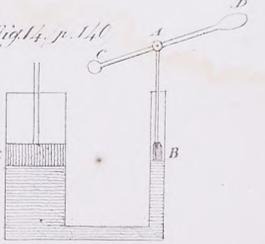


Fig. 20 p. 188

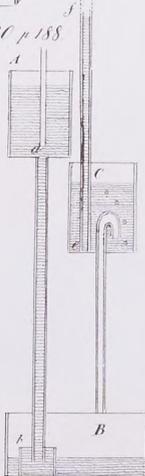


Fig. 21 p. 190

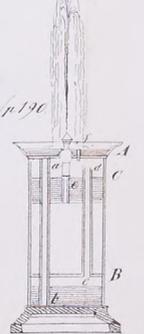


Fig. 22 p. 230



Fig. 23 p. 216

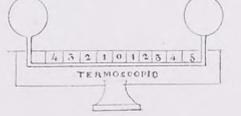


Fig. 24 p. 267

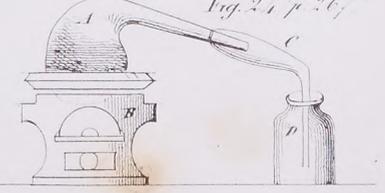


Fig. 15 p. 152



Fig. 16 p. 167

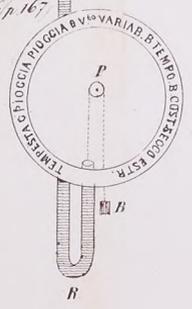


Fig. 18 p. 179

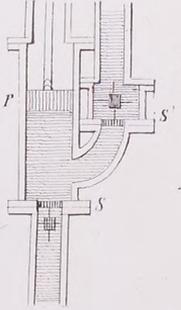


Fig. 17 p. 153

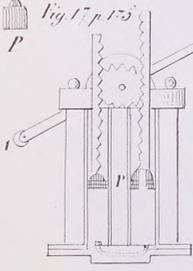
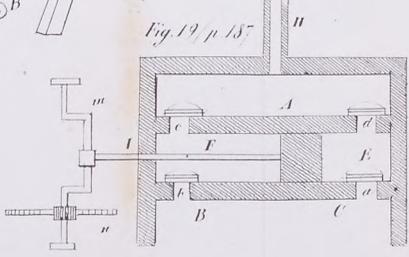


Fig. 19 p. 157



2050

7271

Verlagsdruckerei
M. Schick
MÜNCHEN

7050

