

MANUALI HOEPLI

II

FISICA

BALFOUR-STEWART, CANTONI



MANUALI HOEPLI

F I S I C A

DI

BALFOUR STEWART,

Prof. nell'Istituto superiore di Manchester.

TRADUZIONE

DI

GIOVANNI CANTONI,

Prof. di Fisica nell'Università di Pavia.

CON 48 INCISIONI.

Terza edizione migliorata.



ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAIO
MILANO

NAPOLI

1886

PISA

PROPRIETÀ LETTERARIA.

Milano, Tip. Bernardoni di C. Rebeschini e C.

INDICE

PREFAZIONE DELL'ORIGINALE INGLESE.	Pag.	VII
IL TRADUTTORE AI LETTORI	»	IX
<i>Introduzione.</i>	»	1
Definizione di fisica	»	ivi
id. di moto	»	3
id. di forza	»	5
<i>Le principali forze della natura</i>	»	9
Definizione di gravità	»	ivi
id. di coesione.	»	10
id. di azione chimica	»	11
Offici di queste forze	»	12
<i>Come agisca la gravità.</i>	»	14
Centro di gravità.	»	ivi
La bilancia	»	16
<i>I tre stati della materia</i>	»	17
Definizione di solido	»	19
id. di liquido	»	ivi
id. di gas	»	ivi
<i>Proprietà dei solidi</i>	»	20
Incurvamento	»	23
Resistenza dei materiali	»	ivi
Attrito.	»	25

<i>Proprietà dei liquidi</i>	Pag.	25
Essi conservano il loro volume	»	ivi
Trasmettono le pressioni	»	26
Torchio idraulico	»	28
I liquidi trovano il loro livello	»	29
Livello ad acqua	»	30
Pressione di profondità	»	31
Spinta dell'acqua	»	34
Galleggiamento sull'acqua	»	36
Densità specifica	»	38
Spinta degli altri liquidi	»	40
Capillarità	»	ivi
<i>Proprietà dei gas</i>	»	42
Pressione dell'aria	»	ivi
Peso dell'aria	»	44
Barometro	»	48
Usi del barometro	»	50
Macchina pneumatica	»	52
Tromba ad acqua	»	53
Sifone	»	57
<i>Corpi in moto</i>	»	59
Energia	»	ivi
Definizione di lavoro	»	60
Lavoro fatto da un corpo in moto	»	62
Energia di posizione	»	63
<i>Corpi in vibrazione</i>	»	65
Suono	»	ivi
Che sia un rumore e che un suono musicale?	»	67
Il suono può fare un lavoro	»	68
Il suono abbisogna dell'aria per essere trasportato	»	ivi
Modo di movimento del suono attraverso l'aria	»	69
Velocità di moto del suono	»	71

Eco	Pag.	72
Come si trova il numero delle vibrazioni in un secondo corrispondenti ad una data nota	»	74
<i>Corpi caldi</i>	»	77
Natura del calore	»	ivi
Espansione dei corpi nello scaldarsi	»	80
Termometri	»	81
Come si costruisca un termometro	»	83
Dilatazione dei solidi	»	86
Dilatazione dei liquidi	»	87
Espansione dei gas	»	ivi
Osservazioni sull'espansione	»	88
Calore specifico	»	89
Cambiamento di stato	»	91
Calore di fusione del ghiaccio	»	94
Calore di vaporizzazione dell'acqua	»	93
Ebollizione ed evaporazione	»	98
Il punto di ebollizione dipende dalla pressione	»	99
Variazione di volume	»	100
Altri effetti del calore	»	102
Miscele frigorifere	»	103
Freddo prodotto da evaporazione	»	104
Distribuzione del calore	»	105
Conduzione del calore	»	107
Convezione del calore	»	109
Calore radiante e luce	»	111
Velocità della luce	»	112
Riflessione della luce	»	115
Inflessione o rifrazione della luce	»	119
Lenti; immagini date da esse	»	121
Lenti di ingrandimento	»	124
Le differenti specie di luci presentano rifrazioni diverse	»	125

Ricapitolazione	Pag. 128
Natura del calore	» 129
<i>Corpi elettrizzati</i>	» 132
Conduttori ed isolanti	» ivi
Due specie di elettricità	» 136
Le due opposte elettricità si producono sempre insieme nell'elettrizzarsi dei corpi	» 138
Azione dei corpi elettrizzati su quelli che nol sono	» 140
Scintilla elettrica	» 142
Diversi esperimenti	» ivi
Azione delle punte	» 143
Macchina elettrica	» 146
Bottiglia di Leyden	» 148
Energia nei corpi elettrizzati	» 150
Corrente elettrica	» 151
Batteria di Grove	» 153
Proprietà della corrente elettrica	» 155
Telegrafo elettrico	» 158
Conclusione	» 159
Deduzioni	» ivi
COSE DA RICORDARE	» 161
ISTRUZIONI RELATIVE AGLI APPARATI	» 163
INTERROGAZIONI	» 166

PREFAZIONE DELL'ORIGINALE INGLESE

Gli autori dei due libriccini intitolati: *Prime nozioni di Chimica e di Fisica*, pubblicandoli, si proposero di esporre i principj di codeste due scienze in tal forma che riescissero appropriati all'intelligenza di que' giovanetti, i quali per la prima volta si fanno a studiare i fenomeni generali della natura.

Poichè gli autori stessi portano opinione che per queste tenere menti, più che lo schierar loro innanzi una serie ordinata di cognizioni scientifiche, giovi ben meglio l'educarle ed addestrarle ad interrogare direttamente la natura stessa. Con tale proposito gli autori vanno svolgendo una serie di facili esperienze, le quali aprono la via ad intendere le prime verità di dette scienze. Codeste esperienze ponno eseguirsi dagli insegnanti, con ordine regolare, innanzi una scolaresca. Di tal modo sarà suscitata e rafforzata negli alunni la facoltà dell'osservazione: laddove

poi l'ordine e l'esattezza delle cognizioni potrà provocarsi e svolgersi con una sagace serie di interrogazioni.

Lo studio della *Introduzione generale** converrà, nel più dei casi, che preceda quello degli anzidetti due argomenti: e probabilmente si troverà opportuno di dare, dopo quella, le *Prime nozioni di Chimica*, riservando le *Prime nozioni di Fisica* pel terzo stadio.

* Così è chiamato il primo volumetto di questa piccola enciclopedia inglese, che non è fra quelli che abbiamo stimato opportuno di tradurre per gli italiani.

PREFAZIONE DELLA SECONDA EDIZIONE

L'esposizione elementarissima, o, come suol dirsi popolare, delle prime nozioni di una scienza, è opera assai più ardua che comunemente non lo si pensi. Bisogna essere molto addentro nei fatti e nelle dottrine d'una data scienza, per saperne esporre popolarmente gli elementi.

Così vediamo che, all'infuori di alcune lodevoli eccezioni, i compendj elementari di scienze fisiche, che han corso nelle nostre scuole tecniche e normali, si risolvono in aride sequele di definizioni e di proposizioni, le quali male s'accomodano alle menti immaginose ed inesperte dei giovanetti.

Ora il Balfour Stewart, valentissimo fisico inglese, ci offre un bell'esempio di un libriccino scientifico popolare. Con forma semplice e chiara, e pur con linguaggio abbastanza esatto, egli vien esponendo i principj della fisica, giovandosi ad ogni passo di facili esperienze per ischiarire le

condizioni e le leggi dei principali gruppi di fenomeni fisici. Eppure è mirabile come, in così piccolo volume, egli condensi non poca parte della materia de' comuni corsi elementari di fisica, e giunga a far intendere alcuni de' più alti principj della fisica moderna.

Da parte mia, e più ancora in questa seconda edizione, mi permisi non poche varianti ed addizioni, nei limiti d'una libera versione, allo scopo di rendere meglio appropriate all'intelligenza dei giovanetti nostri le cose esposte dal fisico inglese, e di render più chiari i moderni concetti su le energie fisiche.

In questa seconda edizione l'autore ha altresì aggiunta una lunga serie di interrogazioni. Queste riesciranno molto opportune, per chi insegna, a dichiarar meglio le cose esposte nel testo, e per accertarsi che gli alunni abbiano ben comprese le spiegazioni date.

G. CANTONI.

PRIME NOZIONI DI FISICA

INTRODUZIONE.

1. DEFINIZIONE DI FISICA. — Nei *Principj di Chimica* avete imparato come le cose che ci stanno dattorno siano di differenti specie; e vedeste in qual modo proceda il chimico per differenziarle. Le pesa, ne determina le qualità, e trova che talune sono composte, cioè si risolvono in due o tre cose nuove e tra lor diverse; laddove altre cose si mostrano semplici od elementari, in quanto non si può trarre da esse cose differenti.

Avrete pure apprese alcune nozioni su le varie specie di cose, che costituiscono il mondo. Ma non avrete ancora ben imparato a distinguere le diverse affezioni od i diversi modi che una medesima cosa ci può presentare.

Voi stessi siete soggetti a cangiar di modo. Talvolta vi mostrate col volto sorridente, e tal'altra, secondo i casi, col volto corruciato oppur melanconico; talvolta vi sentite pieni di vigore e d'attività, e tal'altra vi sentite fiacchi e svogliati.

Ora, per poco che vi pensiate, vedrete che le cose che ci circondano vanno soggette a *modi* diversi, molto simili ai nostri. Un giorno la natura ci offre un aspetto splendido, giocondo e pieno di sorriso. L'indomani il suo aspetto è bujo e triste; cade la pioggia; romoreggia il tuono, ed il mare è irto di onde, e sconvolto da burrasca.

Eccovi un altro esempio. Abbiasi una palla di ferro, che giace al suolo; essa al tatto vi appare fredda e pesante. Ma, se la ponete nel fuoco, e di poi ne la togliete, avrete bensì la stessa sostanza, ma lo stato suo sarà d'assai mutato: se tentaste di toccarla, siete sicuri di bruciarvi le dita. Oppure, se invece di porla nel fuoco, poneste questa palla entro un cannone, e vi producestè la scarica, la palla stessa si muoverebbe con tanta velocità e violenza, da ridurre in pezzi ogni cosa ch'essa toccasse.

Vedete dunque che una palla da cannone fredda è cosa ben diversa da una palla da cannone calda, e che una palla ferma è cosa assai differente d'una palla in moto.

Ora, se, quando vi vediamo piangenti e mesti, ricercheremo il motivo di quel vostro stato, lo potremo sempre trovare. Ed ancor quando vi mostrate svogliati, sonnecchiosi e spossati, potremo, cercandone le ragioni, rinvenirle.

Similmente, quando osserviamo dati cangiamenti nei modi o nelle qualità della materia inerte, possiam sempre cercare, e spesso trovare qual sia la cagione de' cambiamenti stessi.

Queste ricerche appunto vogliam fare nelle

seguenti pagine, e vedrete quali risposte ne caveremo.

E già sapete che gli artifici coi quali possiamo interrogare la natura, chiamansi *esperimenti*.

2. DEFINIZIONE DI MOTO. — Innanzi tutto bisogna farci una chiara idea del moto. Muoversi significa mutar di luogo.

Avrete sentito dire che la terra, il pianeta sul quale viviamo, si muove attorno al sole. Nondimeno possiamo anche non aver mente a questo fatto. Poichè, sebbene la terra sia in moto, essa ci trasporta tutti insieme con sè, e perciò le cose rimangono situate le une rispetto all'altre sempre ad un modo, come se la terra fosse ferma.

Così, stando seduto in una camera, posso ben dire d'essere fermo. Ma se passeggio su e giù per la stanza, ben m'accorgo d'essere in moto. Però, a ben comprendere i miei movimenti, voi potete considerare qualche cosa più del fatto dell'essere in moto. Potete por mente alla *direzione* od alla *linea* secondo la quale mi muovo, e potete determinare la *velocità* del mio movimento.

Potrete chiaramente intendere il significato del vocabolo « velocità » col supporre che, uscendo di casa, passeggiate lungo una via dritta per due o tre ore, e sempre col medesimo passo. Poniamo che in un'ora vi troviate a sei chilometri di distanza dal punto di partenza, e che in due ore giungete lungi da esso dodici chilometri: allora direte di camminare colla velocità di sei chilometri all'ora.

Ma quando la velocità non è costante? Supponiamo un convoglio che, giungendo vicino ad una stazione, cominci a rallentare la sua corsa. Il treno aveva dianzi il suo moto normale, che porremo di sessanta chilometri all'ora, ma di poi la sua velocità va più e più scemando, finchè, arrivando alla stazione, si riduce quieto e stazionario. Come potremo qui trovare la velocità del moto, se essa varia continuamente? E che intendiamo col dire che il convoglio, prima che cominciasse a rallentare la sua corsa, si muoveva colla velocità di sessanta chilometri all'ora? Vogliam solo significare che se, innanzi rallentare, il treno fosse stato sempre in moto per un'ora intera nello stesso modo, avrebbe percorsi sessanta chilometri. Così, se invece di venire a fermarsi nella stazione, quel treno fosse stato un treno speciale direttissimo, ed avesse proceduto innanzi, esso troverebbesi ad una distanza di sessanta chilometri un'ora dopo che lo si è visto passare.

Sonvi diverse maniere di esprimere la velocità. Talora parliamo di tanti chilometri all'ora, come facemmo poc' anzi; tal'altra volta ci vien meglio di parlare di tanti metri al secondo. Così, abbandonando a sè una pietra, potrò dire che essa, cadendo liberamente, avrà acquistata una velocità di circa dieci metri (9^m,8) trascorso che sia un secondo da che la lasciai cadere. Già sapete che sessanta secondi formano un minuto e che sessanta minuti fanno un'ora.

In questo libriccino, parlando di velocità dei corpi, ci serviremo dei metri per secondo, più

spesso che dei chilometri all'ora, e diremo che un corpo si muove colla velocità di dieci, di venti, di trenta metri al secondo, secondo i casi.

3. DEFINIZIONE DI FORZA. — Ora, cos'è che induce al moto un corpo dianzi fermo? Oppure, cos'è che obbliga a fermarsi un corpo dianzi in moto? Si suole chiamare *forza* ciò che produce questi atti. Così diciamo che una forza spinge un corpo al moto, e che un'altra forza (ma con opposta direzione) può di poi ridurlo in quiete. E se richiedesi una valida forza per imprimere moto ad un dato corpo, si richiederà una forza valida del pari, per ridurlo fermo.

Voi potrete bensì mettere in moto una pallottola colla spinta della vostra mano destra, e potrete anche fermarla con un'altra spinta. Ma una grave massa, come un convoglio ferroviario, richiede una forza ben poderosa, tanto per esser mossa, quanto per venir fermata. Ciò che è facilmente lanciato è pur facilmente fermato, e ciò che si lancia difficilmente, difficilmente lo si può fermare.

Vedete dunque che la forza agisce non solo per imprimere moto ad un corpo, ma altresì per addurre in quiete un corpo in moto. Laonde, *chiamasi forza ciò che può cambiare lo stato di un corpo*, sia poi questo stato la quiete od il moto.

Esperienza 1.^a — A provar ciò, abbiassi una tazza, sul cui fondo stiano alcune leggiere palline (quali sarebbero de' piselli secchi), e tenendola colla mano destra, la si alzi rapidamente, finchè il braccio stesso venga fermato da un'asta

di legno, fissata poco al di sopra. Lo stesso effetto potrebbesi avere, col tener teso rigidamente

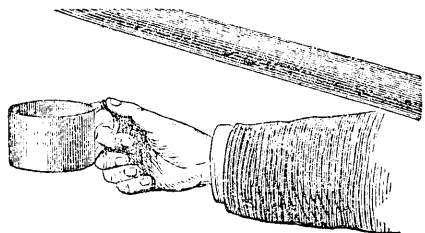


Fig. 1.

l'altro braccio al di sopra del primo. Ciò facendo, mentre la tazza si fermerà in un colla mano che la regge, le palline continueranno per alcun tempo a muoversi rapidamente in alto.

Dapprima colla forza del braccio s'è messa in moto la tazza; questa ha forzato le palline a salire insieme, non potendo esse rimanere addietro. Quando poi il braccio portante la tazza si sarà alzato rapidamente, e si fermerà, urtando coll'asta di legno (oppure coll'altro braccio), si può dire che quell'asta forzò la mano a fermarsi, e questa, alla sua volta, forzò a fermarsi la tazza tenuta saldamente. Laddove queste forze resistenti non influiscono punto sulle palline che stanno sciolte sul fondo della tazza: cosicchè esse possono continuare a salire, pur dopo che questa venne fermata, finchè si determinerà in esse un moto di discesa, per cui alcune ricadranno nel vaso, ed altre si spargeranno sul suolo.

Esperienza 2.^a — Ora poniamo altre palline entro la stessa tazza, a rimpiazzar quelle che si versaron fuori: ma, invece di levarla rapidamente in alto, abbassiamola più rapidamente che ci è possibile. Qui la forza del braccio, può bensì imprimere un rapido moto alla tazza, ma non agisce su le palline, che posano sciolte sul fondo della medesima, ed il risultato dell'esperienza sarà che esse non seguiranno il rapido moto della tazza, ma rimarranno addietro insieme raccolte, finchè cadranno da loro spargendosi sul suolo.

Fermiamoci per poco a considerare quanto abbiamo imparato da questi due sperimenti. Dal primo si apprende che, qualora le palline sian messe in moto verso l'alto, la forza resistente dell'asta di legno, o dell'altro braccio teso, non opera su di esse, o continuano a muoversi in alto, benchè la tazza venga fermata. Richiedesi una forza per arrestare il loro moto d'elevazione; ma questa forza non possiamo trarla dalla resistenza della verga di legno, poichè salgono fin tanto che la forza della terra le obbliga a scendere verso il suolo. Vedete dunque che *abbisogna una forza per fermare un corpo in moto.*

Nella seconda esperienza poi, sebbene comunichiamo un moto all'ingiù alla tazza, la forza del nostro braccio non influisce su le palline, che stanno sciolte entro di essa, e quindi conservano il loro stato di quiete, rimanendo addietro, sinchè la forza della terra le fa scendere verso il suolo. E qui vedete che *abbisogna una forza per lanciare un corpo in quiete.*

Una forza adunque può produrre due diversi atti: può fermare un corpo in moto, e può metter moto in un corpo fermo.

Spesse volte troviamo che una forza, benchè insistente ed attiva, può sembrarci inoperosa. Ma come può accader ciò? Ciò deriva dall'intervento di un'altra azione, che tende a produrre un moto inverso contrario a quello dovuto alla prima, cioè proviene dalla contemporanea influenza di una forza eguale ed opposta all'altra.

Così, se tengo un corpo grave nella mano, ed allargo le dita, la forza della terra che agisce su di esso, lo trarrà tosto al suolo. Ma, finchè conservo serrate le dita, impedisco a quella forza di manifestarsi operosa.

Ora immagino lo stesso corpo posato sul tavolo. Se questo non fossevi, il corpo cadrebbe al suolo; ma qui la forza della terra, la quale produce una tendenza a cadere, è impedita dall'operare dalla resistenza del tavolo. Il corpo preme contro il tavolo, ed il tavolo contrasta a questa pressione. Cosicchè avete qui due forze insistenti e contrastantisi l'una l'altra; l'una è il peso del corpo, l'altra la forza resistente del tavolo.

Da tutto ciò impariamo essere bensì la forza ciò che cambia lo stato di quiete o di moto d'un corpo: ma che di soventi la forza incontra la resistenza o l'opposizione di una forza eguale e contraria, cosicchè non produce effetto sensibile. Tuttavia essa agirà continuamente, contrastando l'effetto dell'altra forza opposta.

LE PRINCIPALI FORZE DELLA NATURA.

4. DEFINIZIONE DI GRAVITÀ. — Avendo così veduto che si chiaman forze tutte quelle azioni od influenze, esercitantesi tra i diversi corpi, per le quali può esser mutato il loro stato; possiam guardarci attorno, per vedere quali siano le principali forze che agiscono su ciò che ci circonda, e per vedere altresì qual parte faccia ciascuna di esse, e quali siano i suoi modi.

La forza che più chiara emerge su l'altre è l'azione di gravità della terra.

Se noi lasciam sfuggire dalla mano un corpo pesante, sappiamo dove convien guardare per vederlo. Sappiamo che non sale verso il cielo, e neppur si muove obliquamente in qualsiasi direzione: sappiamo che cade diretto al suolo od a terra.

Diciamo ch'esso cade giù: ma in fatto le voci *su* e *giù* dipendono dalla forza della terra: cosicchè se la terra non ispiegasse una forza, non potremmo in niun modo usare tali parole. Il vocabolo « su » indica un moto difficile contro la forza della terra, ed il vocabolo « giù » un moto facile, favorito cioè dalla forza medesima. Così è malagevole salire su un monte, ma è ben facile scender giù da esso.

Or quando diciamo che la terra trae verso di sè tutte le cose, dobbiam forse pensare che tutte o pressochè tutte quelle che vediamo siano in

moto verso la terra? Nè voi nè io caschiamo; nè possiam augurarci d'essere in una posizione più sicura. E se ci si domandasse perchè non cadiamo, risponderemmo: perchè posiamo sul suolo. Ma se il suolo non ci fosse, cadremmo entro la terra. Anzi il suolo dev'essere abbastanza saldo da reggere il nostro peso, altrimenti caderebbe, e noi cascheremmo. Avrete sentito raccontare di alcuni casi, in cui un suolo di legno od un palco, caricato di troppa gente, mancò di sotto, e le persone caddero a terra; talchè alcune perirono per le ferite lor toccate nella caduta.

Vedete dunque che la terra trae a sè tutti i corpi. Eppure il più delle cose che vediamo intorno a noi non si muovono verso terra, perchè sono sorrette da altre cose capaci di resistere al loro sforzo. In fatto, questa proprietà delle cose, che diciam *peso*, è cagionata da una speciale azione della terra.

E tal forza che la terra esercita sui corpi terrestri è detta *gravità* ed è dipendente dall'azione che tutte le parti interne della terra esercitano su le singole cose esterne.

5. DEFINIZIONE DI COESIONE. — Ma sonvi altre forze, che si esercitano tra le cose terrestri.

Prendiamo un pezzo di cordicella od un filo, ed adoperiamoci per romperlo in due parti. Esso eserciterà una forza che si oppone a ciò; e sol quando lo sforzo da noi esercitato sarà maggiore della forza colla quale esso resiste, ci sarà dato di romperlo. In vero le diverse fibre del cordoncino, o del filo, e le loro particelle sono tenute

insieme da una forza, che reagisce contro ogni azione tendente a separarle.

E così accade per le varie parti e particelle di tutti i corpi solidi, quali sono: legni, pietre, metalli, e via dicendo. Spesse volte è assai difficile il dividere un corpo in frantumi, in polvere, od in qualsiasi modo ridurlo sotto altra forma o sotto altro volume. Ora questa resistenza alla separazione od allo spostamento scambievolmente delle parti d'un corpo, ossia questa forza che collega insieme le varie particelle di un corpo, è chiamata *coesione*.

Comprenderete così qual differenza corra tra gravità e coesione. La gravità è quella forza, che la terra esercita per tirare i corpi verso di sè, qualunque sia la loro distanza: cosicchè, per esempio, la luna, la quale dista dalla terra circa 380 mila chilometri, risente tuttavia l'azione di gravità di essa. Invece la coesione è una forza, che esercitano le particelle contigue d'un corpo per tenersi insieme tra loro: ma questa forza agisce sol quando le particelle sono veramente vicine le une alle altre. Cosicchè, se un solido è spezzato o ridotto in polvere, le parti sue non potranno più riappiccicarsi tra loro.

6. DEFINIZIONE DI AZIONE CHIMICA. — Analoga alle predette due forze è quella che chiamasi *energia chimica od affinità*. Nei *Principi di Chimica* (art. 4) avete appreso che due cose, dette carbone e gas ossigeno possono unirsi chimicamente insieme, e che il gas acido carbonico è il risultato della loro unione. Il carbone ed il gas ossigeno son tratti insieme da una forza, che

essi esercitano l'uno su l'altro, come una pietra è tratta verso terra. In virtù di questa forza le lor particelle accorrono le une verso le altre e si congiungono tra loro; ma il prodotto offre proprietà interamente diverse da quelle di entrambi quei corpi. Pertanto la forza che diciamo energia chimica ha questa particolarità di esercitarsi solo tra corpi differenti; poichè soltanto i corpi di specie diversa si precipitano l'un su l'altro, e s'uniscono in modo da offrir poi qualità differenti.

7. OFFICI DI QUESTE FORZE. — Detto così alcun che su le principali forze della natura, procurerò di mostrare qual parte esercitino e perchè si manifestino ovunque, e spero che presto intenderete che senza di esse difficilmente potremmo procedere innanzi.

Supponiamo dapprima che non vi fosse gravità, cioè che la terra non traesse a sè i corpi. Talvolta, salendo su un erto monte, siamo tratti a pensare che sarebbe piacevole cosa se potessimo camminare all'insù, così facilmente come camminiamo all'ingiù. Ma potremmo noi desiderare che non fossevi gravità? Sarebbe una terribile sventura se per uno di quei miracoli che i vecchi raccontano essersi dati una volta, si verificasse così fatto nostro desiderio. Non essendovi gravità, non ci sarebbe faticoso il correre, e potremmo facilmente salire su un monte. Ma, d'altra parte, facendo un salto in aria dovremmo restarvi, e ci sarebbe anche possibile abbandonare del tutto questo mondo. I mobili delle nostre case potrebbero trovarsi taluni sul suolo,

altri alla soffitta, altri vaganti qua e là, e noi stessi potremmo girare sui tetti così bene come sul suolo. E la luna, non essendo legata alla terra, potrebbe andarsene altrove, ed allo stesso modo la terra, non essendo collegata col sole, potrebbe esser lasciata addietro, ed andar lungi errante fra le stelle.

Ciò basti per la gravità. Vediamo ora che avverrebbe ove non fossevi coesione. Se questa forza mancasse, le particelle dei corpi solidi non aderirebbero le une alle altre, ed i solidi si sfascerebbero in pezzi, anzi in polvere. Il legno dei nostri tavoli e delle nostre sedie cadrebbe pure in polvere, e più non avremmo mobilio. Lo stesso farebbero i mattoni de' nostri fabbricati; talchè non potremmo più aver case. Lo stesso accadrebbe di noi. Insomma tutte le cose si risolverebbero in un grande ammasso di polvere.

Finalmente pensiamo che avverrebbe qualora non fossevi tal altra forza qual'è l'energia chimica. Il fuoco cesserebbe d'ardere, perchè il carbonio della legna non cercherebbe punto d'unirsi all'ossigeno dell'aria. Le sostanze semplici od elementari non s'unirebbero più tra loro per formare i corpi composti, e non avremmo più che una sessantina di sostanze, per la massima parte metalli, ed alcuni pochi gas. In un mondo siffatto non sarebbervi più alcuna varietà, ed anzi non vi sarebbe possibile la vita. Poichè tutte le parti del nostro corpo sono sostanze composte, e se l'affinità chimica non operasse, una parte del corpo nostro se n'andrebbe per l'aria a mescersi con essa, ed altra parte, consistente

in alquanto carbonio poco fosforo e due o tre metalli, cadrebbero sfasciati al suolo, e quindi noi stessi avremmo fine.

COME AGISCA LA GRAVITÀ.

8. CENTRO DI GRAVITÀ. *Esperienza 3.^a* — Procuriamo ora di determinare di qual sorta sia la forza di gravità.

A tal uopo prendiamo questa irregolare lastra

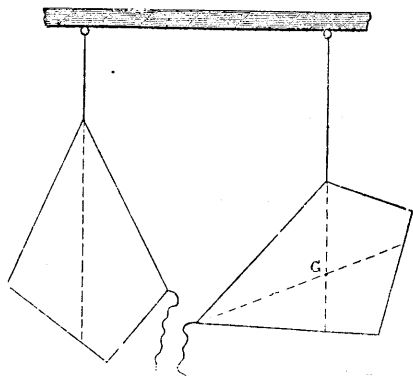


Fig. 2.

di ferro, e sospendiamola con un filo, per un punto del suo contorno. Vedete ch'essa pende da questo con una particolare direzione, sicchè possiamo tracciare su una lastra con una materia bianca una linea coincidente colla direzione

del filo. Sospendiamo poi liberamente la lastra per un altro punto, e tracciamo una nuova linea bianca sul prolungamento del filo: queste due linee si taglieranno tra loro in un punto, segnato *G*. Infine, sospendiamo la lastra per un terzo punto del suo contorno, e segnando, come dianzi, una linea bianca secondo il prolungamento del filo, troviamo che ancor questa taglia le altre due nello stesso punto *G*. Epperò, sospendendo la lastra per un qualsiasi punto liberamente scelto, e tracciando sempre una linea diretta secondo il filo, tutte codeste linee si segheranno nel medesimo punto *G*. Cosicchè questo si troverà sempre direttamente al disotto del punto di sospensione. Se spingete la lastra da una banda, facendola dondolare, essa verrà poi a fermarsi ancora nella posizione precedente.

Ora che proprietà gode questo particolare punto *G*? Per trovarla, attacchiamo una funicella a tal punto *G*, e sosteniamo con essa la lastra. Vedrete che questa si terrà in bilico intorno a *G* in tutte le direzioni; appunto come se tutto il peso della lastra fosse condensato nel punto *G*. Questo punto è perciò denominato *centro di gravità* della lastra. E se sosteniamo la lastra liberamente con una funicella, essa si ridurrà in tal posizione che il suo centro di gravità *G* riesca il più basso possibile.

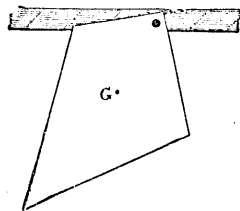


Fig. 3.

Se anche sorreggo la lastra con una sottil

caviglia, sì che sia libera di ruotare intorno a questa, come nella seguente figura 3.^a, la lastra si ridurrà sempre col punto *G* più basso possibile, non potendo star sospesa senza che il punto *G* si riduca sotto alla caviglia.

9. LA BILANCIA. — Ogni corpo ha un punto *G* di tal natura, chiamato centro di gravità di esso. La bilancia che vedete rappresentata all'art. 26, al pari di ogni altra cosa, ha il suo punto *G*, il suo centro di gravità. Perciò essa pure, come la lastra predetta, tenderà a situare questo punto più basso che potrà.

Or quando sieno eguali i due bracci della leva (cioè le distanze dei punti di sospensione dei due piattelli dall'asse di rotazione della leva stessa), e quando siano eguali i pesi sui due piatti, questo punto *G* tende a porsi direttamente al disotto del punto intorno al quale la bilancia oscilla; e se allora la si spinge per farla traboccare da una banda, appena sarà libera, ritornerà alla prima posizione. Infatti, essendo eguali i pesi su ciascun piatto, essa andrà sempre a prender tal posizione che l'estremo dello stilo, che fa da giudice, risponda al mezzo dell'arco graduato.

Cosicchè, posto un corpo da pesare su uno dei piatti, e posti sull'altro tali pesi che lo stilo si fissi nel mezzo, sono ben sicuro che questi pesi eguagliano il peso di quel corpo. Che se i pesi non sono bastanti, l'asta della bilancia s'inclinerà dalla banda ove sta il corpo: laddove, se i pesi sono soverchi, l'asta s'inclinerà dalla banda opposta.

Esperienza 4.^a — Ad esempio, pongo que-

sto pezzo di metallo sovra un guscio, ed un peso di 10 grammi su l'altro: e trovo che il guscio portante il metallo, si tien basso, mostrando esser questo più grave del detto peso. Ora, pongo invece un peso di 12 grammi su lo stesso piatto, e veggo che tiensi basso quest'altro, mostrando che tal nuovo peso è di troppo. Ne concludo che il peso del metallo sta compreso tra 10 e 12 grammi. Applicando poi il peso di 11 grammi, veggo che lo stilo tiensi nel mezzo dell'arco, e che perciò la leva sta orizzontale. Il peso del corpo sarà dunque giustamente 11 grammi.

I TRE STATI DELLA MATERIA.

10. Avete veduto che non possiam nulla comprendere dei fatti che osserviamo, senza ricorrere alle varie forze naturali. Così, se un dato pezzo di materia vien tirato od attratto da un altro, ciò non dipende da tali corpi in particolare, ma è un fatto generale di tutte le cose del mondo. Così pure vedeste che, se non vi fosse coesione, ogni corpo si risolverebbe in polvere. Ma ora posso aggiungere che, ove tutte le cose possedessero una coesione grandissima, non vi sarebbero più nè liquidi, nè gas, e quindi nè acqua, nè aria: talchè noi stessi non potremmo in niun modo esistere.

Le particelle di una verga di ferro o di acciaio possiedono una ben grande coesione, in quanto è assai difficile forzarle a mutar di posto. L'acqua

ed il mercurio sembrano aver invece poca coerenza, in quanto possiamo, col più leggiero sforzo, far scorrere le loro parti in qualsiasi direzione. Eppure questi due liquidi hanno tuttavia una qualche coesione, siccome vedrete colle seguenti esperienze.

Esperienza 5.^a — Verso da una boccetta una grossa goccia di mercurio sopra una superficie piana di vetro. Ora, premendo alcun po' colle dita questa goccia, la posso spartire in tanti piccoli globicini. Però questi globuli, colla loro figura raccolta sotto la minima superficie, fanno prova che le particelle di mercurio si tengono tra loro collegate. Ed infatti, ponendo un'altra lastra di vetro al disopra della prima, e comprimendovela contro, potrò bensì schiacciare quei globetti a forma di altrettanti dischetti: ma non appena solleverò la lastra superiore, il mercurio si ricomporrà nella primitiva forma globulare, o sferoidica.

Esperienza 6.^a — Gettando alcune gocce d'acqua su di una superficie dianzi imbrattata di olio o di grasso, vedremo che ancor esse prenderanno la forma arrotondata, non dissimile da quella de' globuli di mercurio: provandoci così che pur le particelle d'acqua tendono a star unite fra loro.

All'incontro le particelle dei gas, come l'aria che noi respiriamo, non hanno alcuna tendenza a stare insieme; anzi operano al rovescio. Infatti esse tendono a star separate ed a scostarsi le une dalle altre, cioè ad espandersi.

Cosicchè voi vedete che qui abbiamo tre diversi stati della materia, il *solido*, il *liquido* ed

il *gazoso*. E ciascuno di questi stati offre tali proprietà che servono a distinguerlo dagli altri.

11. DEFINIZIONE DI SOLIDO. — Un corpo solido, quale è un pezzo di ferro o di legno, resiste a tutto che opera per modificare la sua figura od il suo volume, mostrando con ciò la tendenza a conservare l'una e l'altro.

12. DEFINIZIONE DI LIQUIDO. — Un liquido, come l'acqua, quando è versato da una boccia in un altro vaso qualsiasi (purchè abbia la conveniente grandezza), si adatta alla figura interna di questo, e riduce la propria superficie superiore a livello: ma vi presenta ancora lo stesso volume. Non si può forzare un litro di acqua a stare nella misura di un mezzo litro.

Un liquido non lascia di presentare un volume determinato: ma d'altra parte non offre una sua particolar figura, prestandosi ad assumere quella dei vasi ne' quali è versato.

13. DEFINIZIONE DI GAS. — Un gas invece mai non presenta una superficie limite sua propria, nè un volume suo proprio. Se passate una quantità di un dato gas in un vaso di qualsiasi capacità, il gas empirà il vaso stesso interamente. D'altra parte un gas non resiste, così fortemente come un liquido, per occupare un dato spazio: poichè, col mezzo di un conveniente sforzo, posso comprimere quel gas, che ora empie la boccia di un litro, così da star tutto in altro vaso di un mezzo litro, ed anche in uno spazio minore, se adopererò una forza bastevole.

Insomma un gas può essere ridotto facilmente entro uno spazio minore, mentre un liquido vi

resiste fortemente. In altre parole, i gas sono molto compressibili, i liquidi lo sono pochissimo.

PROPRIETÀ DEI SOLIDI.

14. Il carattere particolare di un solido è quello di presentare, non solo un dato volume, ma ancora una figura sua propria.

Esperienza 7.^a — Nella figura 4.^a vedete due vasi di figura differente, ma della stessa capacità. Se empite esattamente l'uno di essi con acqua, poi la versate nell'altro, questo pure sarà completamente empito dalla stessa acqua.

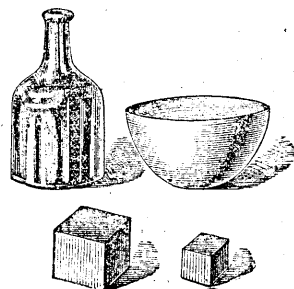


Fig. 4.

Più sotto vedete due pezzi di legno che hanno l'*istessa figura*, quella d'un cubo, ma l'uno è più grande dell'altro: il loro *volume è differente*.

Ora potrete ben comprendere che vogliasi significare coi vocaboli spazio, o grandezza, o vo-

lume (giacchè queste tre parole significano qui la stessa cosa), e che s'intenda per figura o per forma. Se prenderete un solido che abbia la forma di uno di quei due vasi, non potrete forzarlo ad assumere la forma dell'altro, sebbene la grandezza del volume di essi sia eguale. Nè, prendendo un solido che abbia il volume del primo di quei due pezzi di legno, potrete comprimerlo così da stare tutto nel secondo, benchè abbiano la medesima forma. Un solido conserva la sua figura, e conserva pure il suo volume, a meno che venga violentemente disfatto.

15. Badate però che, quando diciamo di non poter fare una data cosa, realmente intendiamo di non poterla fare senza una grandissima difficoltà e non completamente, ma solo in piccola misura. A ben intender ciò sarà meglio spiegarci con una serie di esperienze.

Esperienza 8.^a — Prendo una verga di ferro, e dapprima tento di spezzarla col mezzo di una lieve percossa; ma essa non si spezza. Tento di poi di allungare la stessa verga, fissandone un estremo ad un punto fisso, ed applicando all'altro

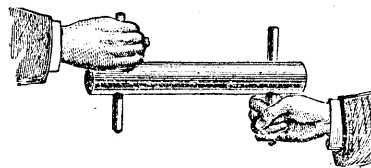


Fig. 3.

estremo un piccol peso: e la verga non si allunga sensibilmente.

Poscia, col mezzo di due caviglie, infisse alle estremità della verga stessa, come vedete nella figura, mi adopero per attorcerla, girando l'uno degli estremi in senso opposto all'altro: ma la verga non si torce sensibilmente.

In seguito dispongo la verga ritta sovra un tavolo, e pongo un peso non grande al di sopra dell'estremo libero, all'intento di comprimerla: ma la verga non appare comprimersi.

Finalmente mi adopero per infletterla, disponendola orizzontalmente su due sostegni vicini ai suoi estremi, ed applicandole nel mezzo un piccol carico: ma essa non s'inflette sentitamente.

Ora questa verga di ferro che non posso nè rompere, nè allungare, nè torcere, nè comprimerne, nè inflettere, è un eccellente esempio di corpo solido. Eppure, se applico ad essa forze abbastanza grandi, mi sarà possibile di stirarla, di torcerla, di comprimerla e di piegarla. Ed in vero io avrò un tal poco stirata, attorta, compressa ed inflessa la verga stessa, anche nell'esperienza testè descritta, ma non abbastanza da rendervi sensibili le modificazioni così prodotte. In fatti la grandezza dell'allungamento della torsione, della contrazione o della flessione, che in ogni caso produrrò, dipende dalla grandezza della forza, che adopero a tal uopo.

Ed appunto nella Fisica, noi ci proponiamo sempre di scoprire le relazioni tra la forza impiegata e gli effetti da essa prodotti. Non posso qui svolgere per bene quest'argomento, poichè dovrei spenderci intorno un tempo non breve. Posso però considerare un'operazione speciale,

qual'è quella della flessione, procurando di trovare in qual misura gli effetti di essa dipendano dalla grandezza della forza adoperata.

16. INCURVAMENTO. *Esperienza 9.^a* — A tal proposito, sosteniamo pei due suoi estremi un'asta prismatica di legno, per modo però che essa presenti di fianco il suo lato minore, e sospendiamo nel mezzo di essa un peso non tanto piccolo. Allora, mercè una scala, misuriamo di quanto siasi abbassato per tal peso il punto di mezzo o centro dell'asta. — Raddoppiamo ora il peso applicato in tal punto, e rileviamo la nuova posizione nel centro dell'asta sotto l'opera

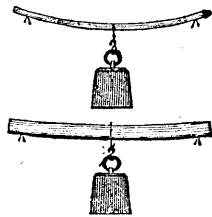


Fig. 6.

di quest'altro peso, e troveremo che esso, pel peso due, si è abbassato circa il doppio di quanto erasi abbassato dianzi pel peso uno: ossia l'*incurvamento è prossimamente proporzionale al peso applicato* al corpo che s'inflette.

Esperienza 10.^a — Fendiamo ora la stessa asta di legno, e disponiamola sui medesimi appoggi, in modo però che presenti di fianco la maggior sua altezza, ossia la maggiore sua superficie laterale, ed applichiamo lo stesso peso, come dianzi. Vedremo che l'asta si infletterà meno di prima, di quando cioè essa presentava, veduta di fianco, una altezza minore.

17. RESISTENZA DEI MATERIALI. — Or quando un architetto od un ingegnere deve porre in opera una gran trave di legno nella costruzione

d'un fabbricato, troverà di certo più vantaggioso, per la resistenza della trave, il disporla così che la di lei altezza sia la maggior possibile: giacchè in tal posizione essa si piegherà di meno sotto un dato carico.

L'architetto e l'ingegnere devono adunque conoscere per bene quanto riguarda la resistenza dei materiali che intendono adoperare, per usarne in modo che offrano la maggior resistenza possibile colla minor quantità dei materiali stessi, e devono quindi studiare la miglior maniera di adoperare il legno ed il ferro.

Un'altra cosa, alla quale l'architetto o l'ingegnere devono ben por mente, nel costruire una casa od un ponte, è quella di farli abbastanza forti da reggero un carico cinque o sei volte maggiore di quello che devono portare. Talvolta un edificio può essere tanto robusto da reggere il peso de' pavimenti, gravati anche da notevol carico, e un ponte può resistere al passaggio d'un lungo treno, senza punto guastarsi. Eppure i pavimenti del fabbricato possono di tanto piegarsi, da non poter interamente raddrizzarsi, quando il carico è tolto; e similmente il ponte può essersi inflesso per modo da non rifarsi al segno, quando il treno è passato. In tal caso il pavimento si rende sempre meno resistente ogni volta che su di esso rinnovasi il carico, ed il ponte rendesi meno saldo ogni volta che il treno vi trascorre sopra. E quindi andranno grado grado incurvandosi più e più, finchè all'ultimo cederanno. Pertanto l'architetto e l'ingegnere dovranno usare gran cura affinchè codeste loro

costruzioni non vengano inflesse oltre i limiti del loro ritorno al primitivo stato.

18. **Attrito.** — Innanzi lasciare i solidi, diremo poche parole su l'attrito.

Ponendo sovra un tavolo di legno un dado pesante, questo richiederà un sensibile sforzo per essere fatto scorrere sul tavolo stesso. Ma se il tavolo, invece d'esser di legno, fosse di marmo, allora con uno sforzo minore si potrebbe far scorrere lungi il corpo medesimo. Ove poi questo dado fosse fatto d'un pezzo di ghiaccio d'egual peso, lo si muoverebbe con uno sforzo assai più piccolo su lo stesso tavolo.

Ora la forza che rende difficile il far scorrere oltre un grave, è chiamata *forza d'attrito*.

Noi non potremmo far di meno dell'attrito, come non potremmo far senza dell'altre forze. Se non vi fosse attrito, noi potremmo bensì camminare sdrucciolando, come si fa sul ghiaccio quand'è piano: ma, se appena vi fosse un menomo pendio, nessuno sarebbe capace di tenersi ritto, ed ogni cosa scivolerebbe giù, sino al fondo della pendenza.

PROPRIETÀ DEI LIQUIDI.

19. **I LIQUIDI CONSERVANO IL LORO VOLUME.** — In un liquido come l'acqua, possiamo smuovere le particelle con tutta facilità, e quindi il liquido stesso può esser mutato nella sua figura. Ma non possiamo, con nessun artificio, forzare una data

quantità d'acqua a capire entro un minore spazio (art. 12), come sarebbe il far sì che un mezzo litro accogliesse in sè un intero litro di liquido.

Esperienza 11.^a — Nondimento tentiamo di far ciò, per vedere qual risultato otterremo. Perciocchè convien sempre fare un'esperienza, quand'è possibile. Prendiamo una massa d'acqua contenuta in un cilindro, chiuso ad un capo, mentre all'altro capo evvi uno stantuffo od embolo impermeabile. Adoperiamoci per ispinger questo all'indentro, all'uopo di forzar l'acqua sotto un minor volume, ponendo anche un grave peso sopra lo stantuffo: con tutto ciò non potremo comprimere l'acqua in modo sensibile.

Rammentandoci però quanto si disse sopra (art. 15), a proposito della possibilità di modificare la figura ed il volume dei solidi, comprenderemo che anco i liquidi saranno in fatto suscettivi di una tal quale compressione. Ma, per render sensibile codesta piccola loro diminuzione di volume, richiedonsi apparecchi o strumenti, complessi e squisiti.

20. I LIQUIDI TRASMETTONO LE PRESSIONI. *Esperienza 12.^a* — Abbiassi un dato volume d'acqua, rinchiuso fra le pareti di due eguali tubi cilindrici, comunicanti per mezzo d'un tubo, e le basi di due stantuffi tra loro eguali. Spingendo l'uno di questi all'ingiu, obbligheremo l'altro a salire. Talchè, se porremo su l'uno un peso di cinque chilogrammi e su l'altro un peso eguale, equi-

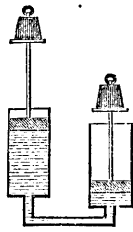


Fig. 7.

librandosi questi tra loro, i due stantuffi si terranno allo stesso livello, operando questo sistema a modo d'una bilancia a bilico.

Esperienza 13.^a — Nell'ultima esperienza si suppose che i due stantuffi si muovessero entrambi verticalmente, come è segnato nella fig. 7.

Supponiamo ora invece che l'uno di essi sia verticale e l'altro orizzontale, e che su quest'ultimo, con opportuno congegno, si facesse operare un peso di cinque chilogrammi: si otterrà egualmente l'equilibrio applicando altri cinque chilogrammi su l'embolo verticale. Ponendo invece su questo sei chilogrammi, spingeremo all'infuori l'embolo orizzontale; e similmente facendo operare su quest'ultimo il peso di sei chilogrammi, spingeremo all'insù, come dianzi, l'embolo verticale.

Così, col mezzo dell'acqua possiamo convertire la spinta verticale all'ingiu d'un peso, posto su uno stantuffo, in una equivalente spinta orizzontale all'infuori sopra un altro stantuffo.

È così vedete che un liquido, come l'acqua, comunica le pressioni in tutte le direzioni. Questo fatto venne scoperto da Pascal.

Esperienza 14.^a — In quest'altra esperienza abbiassi ancora due cilindri verticali, ma la sezione d'uno di essi sia doppia di quella dell'altro, e nello stesso rapporto stieno le superficie degli stantuffi, che entro di essi ponno muoversi, a tenuta di liquido. Ora, applicando cinque chilogrammi sull'embolo piccolo, non potremo più equilibrare questo peso con un peso eguale posto sopra l'embolo grande, ma bisognerà porre

su questo un peso doppio, cioè dieci chilogrammi. Similmente, se lo stantuffo più grande avesse una superficie od un'area quintupla di quella dell'altro, troveremmo che, con cinque chilogrammi sullo stantuffo piccolo, si equilibrerebbero venticinque chilogrammi, posti sul grande.

Laonde, non solo con una spinta all'ingìù su l'uno, provochiamo una spinta all'insù su l'altro, ma la grandezza di questa spinta all'insù è proporzionale al rapporto fra le superficie dei due stantuffi. Cosicchè, se un embolo ha un'area dieci volte maggiore dell'altro, esso sarà spinto all'insù con una forza dieci volte maggiore; e così via.

21. TORCHIO IDRAULICO. — Questa è un'importante proprietà dell'acqua, e se n'è fatto uso nella costruzione di una potente macchina, chiamata torchio di Bramah, dal nome del suo inventore. Eccone la figura.

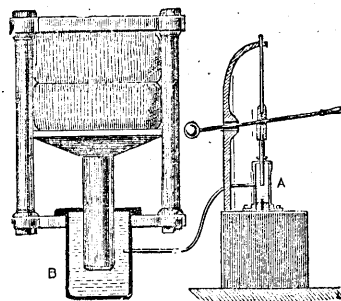


Fig. 8.

Vedete qui due colli di stoffe di lana, che vo-

gliansi comprimere quant'è possibile, affinché occupino minore spazio, nel farle viaggiare da paese a paese. Sonvi due corpi di tromba ne quali si muovono due stantuffi, l'uno grande e l'altro piccolo; il grande offre un'area che è cento volte maggiore di quella del piccolo.

Ora, applicando un quintale sul piccolo stantuffo, devo porre un peso cento volte maggiore sul più grande, per tenerlo al posto, essendo la superficie di questo cento volte quella del primo. Talchè dovrei applicare cento quintali su l'embolo grande, per equilibrare un solo quintale posto sul piccolo. Epperò lo stantuffo largo sorgerà coll'enorme forza di cento quintali, e con tal forza premerà su gl'involti di stoffe, le quali perciò rimarranno per bene costipate insieme. In cosiffatta macchina è però necessario che ogni parte sia ben robusta e ben serrata, altrimenti l'acqua sfuggirebbe con immensa forza per le fenditure e per le deboli commessure.

22. I LIQUIDI TROVANO IL LORO LIVELLO. — Altra proprietà dei liquidi è quella per cui si dispongono sempre in modo da presentare una superficie di livello od orizzontale. Infatti questa superficie non potrebbe tenersi inclinata, poichè le parti alte, non incontrando alcuna resistenza d'attrito (art. 18), scivolerebbero giù di subito verso le parti basse. Un filo a piombo, quale si usa dai muratori e dai geometri, sorretto sovra la superficie dell'acqua, si dirige perpendicolarmente a tale superficie: il che val quanto dire, che esso non può stare inclinato in qualsiasi direzione, ma sta ritto al disopra. Questo fatto si può dimostrare con una semplice esperienza.

Esperienza 15.^a — Su di un largo piatto si versi tanto mercurio da coprirne tutto il fondo, formandovi una superficie di livello. Sospendendo poi il filo a piombo al disopra del vaso, vedrete che l'immagine riflessa del filo ed il filo stesso saranno in una medesima direzione, tanto che l'una apparirà il prolungamento dell'altro. Il che ci prova che il filo non è punto inclinato rispetto alla superficie del mercurio: altrimenti quelle due immagini, la riflessa e la diretta, non formerebbero una retta, ma apparirebbero quali due linee inflesse l'una sull'altra.

Esperienza 16.^a — Quando un liquido è contenuto in più tubi, che comunichino tra loro, si

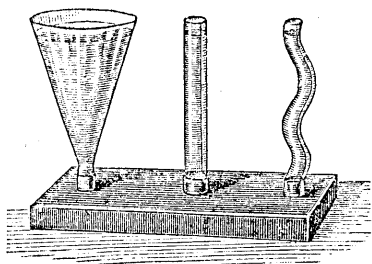


Fig. 9.

dispone in tutti colla sua superficie ad un medesimo livello, siano poi questi tubi inclinati o dritti, e qualunque sia la loro forma. Per convincersi di ciò, basta ch'io versi acqua in uno di questi vasi di forma assai diversa, e vedete che essa giunge in tutti allo stesso livello.

23. LIVELLO AD ACQUA. — Ciò mi conduce a

parlarvi del livello ad acqua, che vedete rappresentato nella figura 10.^a, e che consiste in un lungo tubo, i cui estremi sono piegati ad angolo

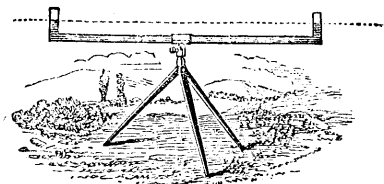


Fig. 10.

retto e trasparenti. L'acqua contenuta fa sì, che, ponendo l'occhio in linea colla superficie ch'essa presenta ai due estremi, si è sicuri di guardare secondo una linea orizzontale o di livello: ossia tutti i punti visibili lungo quella linea si trovano ad un medesimo livello. Cosicché, qualora in tal luogo accadesse un'inondazione, dovuta allo straripare d'un fiume, l'acqua raggiungerebbe tutti quei punti egualmente.

In molti casi importa conoscere quali punti si trovino ad uno stesso livello. Ciò deve ben conoscere chiunque costruisca un canale od una ferrovia, ed a tale intento ei può adoperare un livello di questa specie. Però lo stromento più usitato per quest'uopo chiamasi *livello a cannocchiale*, mentre quello, che vi ho descritto testè, si denomina *livello ad acqua*.

24. PRESSIONE DI PROFONDITÀ NELL'ACQUA. — Abbiam qui davanti un vaso profondo e pieno d'acqua. Immaginiamo divisa quest'acqua in tanti strati d'eguale altezza e paralleli alla superficie

superiore, cioè divisa in tanti strati di livello. È facile comprendere che, passando da uno ad altro di questi strati, il più profondo dovrà risentire ed esercitare una pressione maggiore che il suo precedente, dovendo reggere al peso di un maggior numero di strati d'acqua. Così uno strato che trovasi a due centimetri di profondità sotto la superficie, subirà una pressione doppia di quella che sopporta uno strato profondo un centimetro e così via. In altre parole *la pressione sarà proporzionale alla profondità.*

Esperienza 17.^a — Questa pressione agisce in tutte le direzioni, tanto all'insù e lateralmente, quanto all'ingiù. Per mostrarvi questo fatto, ho qui un vaso pieno d'acqua, nelle cui pareti laterali sono praticate alcune aperture a diverse profondità, chiuse da opportuni tappi. Ora, togliendo il tappo da un foro poco inferiore alla superficie dell'acqua, questa è spinta fuori dalla pressione interna, ma non tanto lungi, come vedete. Invece, ritirando il tappo da un foro vicino al fondo, osservate che, pel maggior peso dell'acqua sovrastante, la pressione essendo più grande, l'acqua esce fuori con maggior velocità e si spinge lontano. Ciò valga per le pressioni laterali.

25. Ora voglio mostrarvi che accade lo stesso per le pressioni dal basso all'insù. A tal uopo prendo ciò che chiamasi un cilindro, cioè un tubo di vetro vuoto, aperto alle due estremità. Però ne ho chiuso temporaneamente il fondo, coll'applicarvi un sottile dischetto, che trattengo per mezzo di una funicella, passante pel vuoto del

cilindro. Quindi, tenendola tesa, spingo il cilindro sotto la superficie dell'acqua contenuta in un vaso, e vedete che posso rallentare ed abbandonare la cordicella, senza che il dischetto si distacchi dal fondo, perchè vi è tenuto dalla pressione su di esso esercitata di sotto in su dall'acqua.

Verso poi nel cilindro tr'acqua, tinta in azzurro con indaco; eppure il fondo si tien fermo, e solo si staccherà, quando l'acqua colorata giungerà entro il cilindro presso il livello dell'acqua esteriore: perchè allora la pressione, esercitata all'insù dalla stessa acqua esteriore contro il dischetto lasciato libero, vien equilibrata da una eguale pressione, esercitata all'ingiù dall'acqua colorata postavi entro, e prevale allora il peso del disco stesso.

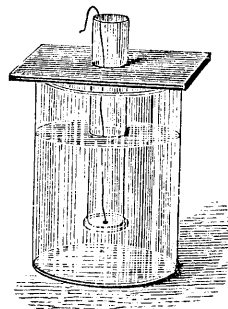


Fig. 11.

Quando vi trovaste in una barca, sopra un'acqua profonda, potreste facilmente persuadervi dell'enorme pressione dell'acqua a grandi profondità. Prendete una bottiglia ordinaria, empita per tre quarti di acqua, e serratela bene con un tappo di sughero; indi legatene il collo con una lunga funicella, e lasciatela discendere nel fondo. Ove la profondità sarà sufficiente, la pressione dell'acqua esteriore spingerà il tappo entro la bottiglia, ed allora, tirando su la bottiglia, la

troverete piena d'acqua, e serrata di nuovo dal tappo, e spinto all'infuori dalla pressione interna.

26. SPINTA DELL'ACQUA. — Volendo ora darvi una idea precisa di ciò che dicesi la *spinta* dell'acqua o forza di galleggiamento, eseguirò qualche altro esperimento.

Esperienza 18.^a — Prendiamo la bilancia della quale parlammo più addietro (art. 9), e poniamola in ordine per fare delle pesate a dovere. Eccovi una palla di vetro, che posta su uno dei piattelli, richiede che si pongano sull'altro piatto 100 grammi, per equilibrare la bilancia; ma ben vedete che, mentre la pesiamo essa sta immersa nell'aria. Ora, per mezzo di un filo, sospendiamola al disotto d'uno dei piattelli della bilancia, o facciamola sommergere nell'acqua. Che ne risulta? Attualmente questa palla sembra divenuta meno pesante, e richiede che si carichi il medesimo piatto di circa 40 grammi, all'uopo di equilibrare lo sforzo dell'altro piatto.

Esperienza 19.^a — Potete voi immaginare che questa palla abbia perduti 40 grammi del suo peso, entrando nell'acqua? Coll'esperienza vi mostrerò che ciò non è possibile. Innanzi tutto pongo una tazza contenente acqua, su uno dei piattelli; pongo su l'altro i pesi per equilibrarla, e sospendendo con un filo la stessa palla, che pesa 100 grammi ad un esterno sostegno. La abbasso di poi, sicchè si sommerga tutta nell'acqua della tazza portata dalla bilancia, e vedete che ora la tazza si mostra più pesante, e che devo porre un peso di 40 grammi su l'altro piatto, per ricondurre la bilancia all'equilibrio. Ma tale fu ap-

punto la misura dell'apparente perdita di peso dalla palla subita nella esperienza precedente, epperò questa non ha punto allora perduto di peso, col sommergersi nell'acqua. Il peso suo è qui ancora, cioè la tazza, con entro la palla pesa

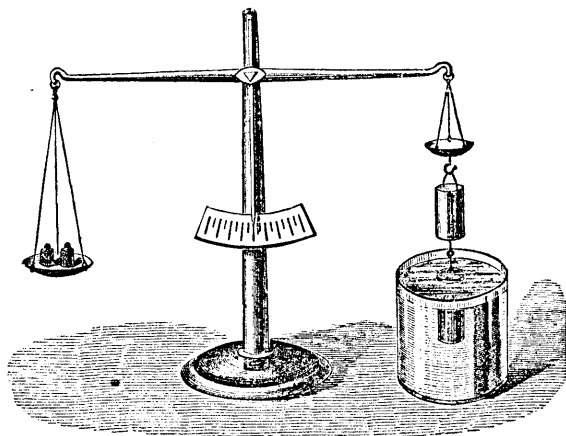


Fig. 12.

40 grammi di più, che se questa non vi fosse. Ma la palla ha una parte del suo peso apparentemente portata dall'acqua, la quale agisce come una spinta dal basso all'insù di circa 40 grammi.

Esperienza 20.^a — Abbiam qui (fig. 12) due cilindri d'ottone, l'uno compito, l'altro cavo, nel cui vano entra esattamente quello pieno. Questi due cilindri sono sospesi l'uno sotto l'altro ad un guscio della bilancia, stando però in alto il cilindro cavo: sull'altro guscio sono posti i pesi

che riducono all'equilibrio la bilancia. Facendo ora sommergere il cilindro pieno nell'acqua contenuta in un vaso sottoposto, la bilancia trabocca dall'altra banda; poichè il cilindro, stando entro l'acqua, presenta un minor peso apparente, come se perdesse parte del proprio peso. Per giudicare la quantità di questa diminuzione, versiamo acqua nel cavo del cilindro superiore, sino ad empirlo esattamente, e vedete che con ciò viene appunto rimesso quel peso, che il cilindro inferiore sembrava aver perduto, riequilibrandosi la bilancia. Ora il volume dell'acqua versata nel cilindro superiore essendo uguale al volume del cilindro sottoposto, potrem concludere che quest'ultimo, stando nell'acqua, offre una diminuzione nel peso apparente, la quale corrisponde al peso d'un volume di acqua pari al suo, in opera della spinta che l'acqua involgente esercita di sotto in su sovra il corpo immerso.

E poichè lo stesso accade con qualsiasi altro corpo, potremo dire: che qualunque corpo, pesato nell'acqua, risente una spinta, la quale fa apparire diminuito il suo peso di una quantità uguale al peso d'un volume d'acqua corrispondente a quello del corpo. Per brevità di linguaggio, potrem dire: che *un corpo sommerso nell'acqua vien alleggerito nel suo peso apparente di quanto è il peso d'un equal volume di acqua.*

27. GALLEGGIAMENTO SULL'ACQUA. — Vediamo ora come accada il galleggiamento di un corpo sull'acqua. Se il corpo immerso nell'acqua è più pesante di questa, a volumi eguali, come poc'anzi avveniva per la palla di vetro e pel cilindro di

ottone sommersi, il suo peso apparente diminuirà in corrispondenza al peso di un pari volume d'acqua. Perciò esso conserverà ancora una parte di peso, essendo specificamente più grave dell'acqua ad eguali volumi, e quindi, ove non sia ritenuto, andrà al fondo del vaso per tal rimanenza di peso apparente.

Esperienza 21.^a — Poniamo ora che il corpo adoperato, a parità di volume, abbia lo stesso peso dell'acqua, come accade all'incirca per una palla di bosso o di ulivo. In tal caso apparirà che il corpo, stando nell'acqua, abbia perduto interamente il proprio peso, talchè potrà reggersi nuotante entro di essa.

Ma che accadrà poi se il corpo sarà più leggero dell'acqua, a parità di volume? Potrà esso perderne più che il proprio peso? domando io. Cerchiamo con un esperimento cosa avvenga in questo caso.

Esperienza 22.^a — Eccovi una palla di legno di pino, la quale pesa meno dell'acqua a volumi eguali. Io mi adopero per tenerla sotto la superficie dell'acqua, ma sento che ora la pressione di sotto in su, prodotta dalla spinta dell'acqua, è maggiore del peso della palla: cosicchè essa è sospinta verso la superficie, e nuota a galla dell'acqua.

Da tutte queste esperienze possiamo concludere: 1.^o che un corpo immerso nell'acqua viene alleggerito nel suo peso apparente di quant'è il peso di un eguale volume di acqua; 2.^o che, in conseguenza di ciò, se il corpo è specificamente (cioè a parità di volume) più pesante dell'acqua,

cadrà al fondo; se il suo peso è eguale a quello dell'acqua, pure a volumi eguali, nè cadrà, nè galleggerà; e se infine è specificamente meno pesante dell'acqua, starà a galla di questa.

28. DENSITÀ SPECIFICA. — Ora vi mostrerò che da queste cognizioni si ricava un metodo, col quale possiamo determinare di quanto una sostanza sia più grave dell'acqua, ad eguali volumi.

Abbiam veduto coll'Esperienza 18.^a che una palla di vetro, la quale pesava 100 grammi nell'aria, perdeva 40 grammi nel suo peso apparente immersa nell'acqua, cioè il peso suo appariva ridotto a 60 grammi. Ora i 40 grammi, che misurano la spinta dell'acqua sulla palla immersa, rappresentano altresì il peso di un volume d'acqua eguale a quello della palla (art. 26). Perciò se vogliam trovare il rapporto fra i pesi di volumi eguali del vetro e dell'acqua, avremo $\frac{100}{40} = 2,5$,

cioè il vetro è due volte e mezza più pesante dell'acqua. Ed è questo rapporto che chiamasi *peso specifico* del vetro.

Ma prendiamo un altro esempio, molto più interessante.

Esperienza 23.^a — Supponiamo d'avere un piccolo pezzo d'oro, il quale pesi nell'aria esattamente 10 grammi. Pesandolo poi immerso nell'acqua, il suo peso apparente riducesi a 18 gr., mostrando così la diminuzione nel peso di un grammo. Ora questa diminuzione eguaglierà il peso di un pari volume d'acqua, il quale sarà dunque di un grammo. Ma l'oro per sè pesa

19 grammi, quindi pesa 19 volte più dell'acqua, a pari volume. Questo è quanto vogliamo significare dicendo che *il peso specifico* dell'oro è 19.

E notate bene che avremmo lo stesso risultato, qualunque sieno il volume o la figura del pezzo d'oro adoperato.

Ora, se alcuno dubita che un dato pezzo non sia veramente oro, ma altra cosa ad esso somigliante, potrà risolvere il dubbio col pesarlo nell'acqua. Giacchè, se non risulterà 19 volte più grave dell'acqua, a parità di volume, non sarà veramente oro.

29. Questo metodo per trovare il peso specifico o la densità relativa dei corpi veniva scoperto, più che due mila anni or sono, da un filosofo chiamato Archimede.

Erone, re di Siracusa, riceveva una corona d'oro, ed aveva pur motivi per credere che l'orefice avesse mischiato coll'oro non poco argento; nè sapeva pensar modo per accertarsi di ciò. Per una tale difficoltà venne chiamato Archimede. Il vero metodo per risolvere la questione si presentò ad Archimede un giorno in cui andò a prendere un bagno; ed è tradizione che egli immediatamente uscisse fuori dal bagno, ancor nudo, gridando « ho trovato, ho trovato ». Egli allora, tornato a casa, prese un pezzo di oro, che conosceva essere puro, e vide che, quando lo pesava nell'acqua, subiva la diminuzione di una diciannovesima parte del suo peso. Di poi prese la corona di Erone, e trovò che, quando la pesava nell'acqua, la diminuzione era maggiore della diciannovesima parte del totale

suo peso, cioè aveva un volume maggiore di quello che essa avrebbe presentato se fosse stata tutta di oro. Quindi argomentò che essa non era fatta con oro puro, e perciò, con buon fondamento, l'orefice venne punito della sua frode.

30. SPINTA DEGLI ALTRI LIQUIDI. — I diversi liquidi, al pari dell'acqua, esercitano una spinta sui corpi nei medesimi immersi. Anzi ogni liquido esercita questa spinta con una sua particolare misura. I liquidi leggieri, quali sono l'alcole e l'etere, la esercitano piccola, relativamente all'acqua; mentre un liquido pesante, qual è il mercurio, la dispietà più grande.

Per convincervi di ciò, ecco che verso un po' di mercurio in un vaso, e pongo sulla sua superficie un pezzo di ferro: vedete che il ferro galleggia. Dunque il ferro dev'essere, a parità di volume, più leggiero del mercurio.

D'altra parte l'oro è più grave del mercurio, essendo questo 13 volte e mezzo, specificamente più pesante dell'acqua; laddove l'oro, come vedeste poc'anzi, è circa 19 volte specificamente più grave della medesima.

L'acqua salsa è alcun po' più grave dell'acqua dolce. Evvi in Palestina un lago, chiamato Mare morto, che è tanto salso, epperò tanto più denso, che una persona, immergendosi in quell'acqua, non può affondare, anche volendolo.

31. CAPILLARITÀ. — Prima di smettere il discorso sui liquidi, voglio farvi parola di un caso ben noto, nel quale l'acqua si alza da sè sopra il proprio livello.

Esperienza 24.^a — Poniamo un pezzo di legno

dolce, qual'è il pioppo, a galleggiare sull'acqua, contenuta in un vaso. Dapprima solo le sue parti inferiori toccano la superficie dell'acqua stessa: ma ben presto tutto il pezzo si mostrerà bagnato. Similmente se immergiamo nell'acqua l'estremo inferiore di una striscia di carta sugante, o di tela cotone, vedremo salire l'acqua sopra il proprio livello.

Se invece portiamo il pezzo di legno, o la striscia di carta a contatto della superficie del mercurio, questo non si innalzerà nè entro il sughero, nè nella carta. Laonde questi due liquidi, l'acqua ed il mercurio, si comportano differentemente rispetto ai due corpi predetti. Primieramente vedete che l'acqua, non solo sorge in essi, ma rimane entro; dovechè il mercurio nè vi si innalza, nè li bagna. Però il mercurio sale esso pure alcun po' sulla superficie dell'argento e dell'oro, cioè bagna quest'altri corpi.

In simil modo vedete che l'acqua sale un tal poco entro cannelli di vetro, tuffati in essa col l'estremo inferiore, e tanto più vi si innalza quant'è più stretto il loro vano interno. Laddove, negli stessi cannelli, il mercurio non solo non s'innalza, ma si tiene più depresso nel loro interno, ed ancora tanto più, quanto più angusto è il vano. Però il mercurio s'innalza invece alcun po' entro cannelli formati di argento e di oro.

PROPRIETÀ DEI GAS.

32. **PRESSIONE DELL'ARIA.** — I gas offrono molti punti di somiglianza coi liquidi; ma per altri rispetti differiscono da questi. Un liquido può presentare una propria superficie limite: cosicchè vedete empito solo a metà l'interno vano di questa bottiglia di un liquido, il quale, nel resto, prende la forma delle pareti di essa. Ciò non può accadere con un gas. Qui, per esempio, ho una vescica che contiene un gas, il quale la occupa tutta e non soltanto in parte. Ed invero un gas tende ad investire ogni spazio che non sia già occupato da altro corpo, ed esercita nel far ciò uno speciale suo sforzo, chiamato *forza espansiva o tensione*.

Esperienza 25.^a — Con un esperimento ben semplice posso provarvi questo fatto. Ho qui una macchina pneumatica, che descriverò poi a pagina 52. Intanto vi basti sapere che col mezzo di essa, posso cavar fuori da questa campana gran parte dell'aria atmosferica, che ora essa contiene. Osservate questa palla di gomma elastica piena d'aria, che colloco sotto la campana.

La gomma, essendo elastica di molto, cioè arrendevole così al contrarsi, come al distendersi per piccoli sforzi, le pareti di questa palla obbediscono tanto alla pressione dell'aria esterna, che tende a farle contrarre, quanto alla tensione dell'aria in essa rinchiusa, che tende a farle di-

stendere; epperò si ridurranno in condizione tale di volume esterno e di capacità interna, che risultino equilibrate la esterna pressione coll'interna tensione.

Ora maneggio la macchina, cioè vado estraendo aria dalla campana, e quindi diminuendo man mano la pressione che essa eserciterà sui corpi contenuti nella campana. Che ne risulta? Prevalendo ora, e sempre più, la tensione dell'aria interna, la palla va gradatamente distendendosi colle sue pareti, cioè è forzata a dilatarsi. Ed ecco che essa si fa sempre più voluminosa, nel mentre prosiegua ad estrarre dell'aria. Se poi lascio rientrare l'aria nella campana, la palla ritorna ben presto al suo primo volume, aumentandosi di nuovo la pressione dell'aria esterna che fa contrarre le pareti della palla, ed insieme fa crescere, in pari misura, la tensione dell'aria interna, col costiparla sotto un minor volume.

Esperienza 26.^a — Modifichiamo ora l'esperimento in questa maniera. Pongo sul piatto della macchina una campana, la quale ha superiormente una larga apertura (fig. 13), coperta da una sottil lamina di gomma elastica, ben serrata intorno all'orlo di essa. Ora estraggo aria, come dianzi, dall'interno della campana, e veggio che l'aria esterna, esercitando verso l'interno una pressione prevalente alla diminuita tensione dell'aria

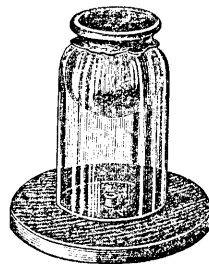


Fig. 13.

interna, si adopera per distendere sempre più verso l'interno la copertura di gomma elastica. E tanto la preme, che se la esperienza è continuata di molto, codesta pressione può diventare sì grande, da squarciare la gomma elastica.



Fig. 14.

33. PESO DELL'ARIA. — Vedete che l'aria spinge se stessa verso qualsiasi spazio che si va vuotando, se così può dirsi; perchè in fatto non riusciamo a vuotare completamente d'aria qualsiasi vaso. Nondimeno possiamo cavar fuori da esso gran parte dell'aria ch'ei contiene. Nella fig. 14, per esempio, vedete un pallone, che può essere adattato alla macchina pneumatica, così da estrarne l'aria. Si può per tal modo riconoscere che allora esso pesa meno di quando è pieno, e che perciò anche l'aria è pesante.

Esperienza 27.^a — Sospendiamo ad uno dei bracci della bilancia un pallone possibilmente leggero, e lasciando aperta la chiave applicata al suo collo, determiniamone il peso. Questo peso può ritenersi esser quello del pallone medesimo pieno d'aria atmosferica.

Esperienza 28.^a — Mentre questo pallone sta così contrappesato, riempiamolo, per ispostamento (vedi le istruzioni alla fine del libro), con un gas specificamente più pesante, chiamato acido carbonico, che imparaste a conoscere ne' *Principi di Chimica* (art. 33). Vedete ora che lo stilo (il giudice) della bilancia si sposta, accennando essere ora più grave il peso del pallone che non

quando conteneva aria. Perciò alcuni gas sono specificamente più pesanti di altri.

Esperienza 29.^a — L'idrogeno è il più leggero di tutti i gas. Quindi, se il pallone sta sospeso, come dianzi, ben equilibrato, e col metodo dello spostamento lo riempiamo d'idrogeno, che imparaste pure a conoscere nei *Principi di Chimica* (art. 17), il giudice della bilancia si sposterà ora in verso opposto al precedente, mostrando che adesso il pallone è più leggero assai di quando era piena d'aria; benchè non sia tanto leggero, come quando poco o nulla vi stava entro, essendosene estratta l'aria.

Da ciò imparate che, sebbene le particelle dei gas colla loro tensione, sembrano respingersi fra loro, adoperandosi a ridursi lontane quant'è possibile le une dalle altre, ed investendo sempre i recipienti che le contengono; tuttavia queste particelle dei gas gravitano verso la terra e son pesanti; cosicchè non vi è pericolo che la nostra atmosfera sfugga lungi dalla terra. Quindi questa atmosfera involge la terra, come una specie di oceano di aria, nel fondo del quale noi viviamo e ci moviamo.

34. Ora per convincervi che la pressione ed il peso in un oceano di aria sono simili a quanto si osserva in un oceano d'acqua, rammentatevi quanto abbiam detto all'articolo 24, che cioè la pressione dell'acqua contro il fondo di un vaso dipende dalla profondità di essa, sicchè quant'è maggiore questa profondità, maggiore è la pressione; e rammentatevi altresì che questa pressione si esercita in tutte le direzioni.

Però, avendovi detto che noi sopportiamo una notevole pressione per l'aria che ci avvolge, voi naturalmente mi domanderete: come accade che non ci accorgiamo punto di questa pressione? Al che rispondo: ciò accade semplicemente perchè questa pressione si esercita in tutte le direzioni; dall'alto, dal basso, e da tutti i lati.

Così, pigliando a mano un foglietto di carta, la pressione dell'aria agisce non solo sulla sua faccia superiore, spingendola in basso; ma agisce pure, e con egual forza, sulla sua faccia inferiore, spingendola all'insù; talchè il foglio di carta può esser mosso liberamente, come se non agisse su di esso la pressione di questo oceano atmosferico. Ed è per la stessa ragione che io posso muovermi dattorno liberamente, e non risento codesta pressione.

Nondimeno spero di convincervi con un semplice esperimento, che or farò, come sia facile rendere evidente la pressione dell'aria.

Esperienza 30.^a — Eccovi due mezze sfere cave, i labbri delle quali si adattano esattamente l'uno all'altro. Applichiamo l'uno sull'altro, e chiudiamo la chiave che toglie la comunicazione fra l'interno e l'esterno. Probabilmente voi domanderete: perchè la pressione dell'aria non tiene fortemente serrate insieme questi due emisferi? La ragione sta in ciò, che qui abbiamo dell'aria anche nell'interno di essi, e che quest'aria interna, colla propria tensione, li preme all'infuori, appunto nella misura con cui l'aria esterna li preme all'indentro, siccome già notammo nell'articolo 32 per la palla di gomma.

Ora adattiamo alla macchina pneumatica uno di questi emisferi, quello cioè che porta il tubo munito di chiave; adattiamovi sovra l'altro emisfero, e stando aperta la chiave caviamo fuori l'aria interna. Chiusa di nuovo la chiave, e tolti dalla macchina gli emisferi, ecco che vuolsi un

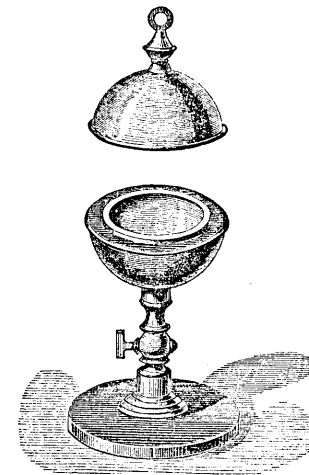


Fig. 13.

grandissimo sforzo per istaccare l'uno dall'altro. Poichè, nel mentre l'aria esterna li preme insieme, come dianzi, è diminuita grandemente la tensione dell'aria interna, la quale dapprima contrastava tal pressione: e quindi gli emisferi si tengono fortemente uniti tra loro.

33. Ora, giacchè l'aria è un fluido ed ha peso, i corpi che stanno in essa risentiranno una

spinta come per l'acqua, benchè d'assai minore. Perciò una grande borsa, empita di gas illuminante, o meglio ancora di idrogeno, risultando più leggiera dell'aria, ad egual volume, salirà in alto, in simil modo che vedemmo (esp. 22) salire nell'acqua una palla di legno meno pesante di questa, a pari volume; anzi tal borsa salirà, sinchè giungerà in tale strato d'aria dove risentirà una spinta pari al proprio peso. Una borsa così fatta vien chiamata *pallone areostatico*, e può essere sufficientemente grande da reggere una larga corba, contenente più d'una persona.

36. BAROMETRO. *Esperienza 31.^a* — Prendiamo ora un tubo di vetro, aperto ad un estremo e chiuso all'altro. Empiamolo di mercurio, ed applicato fortemente il dito contro l'estremo aperto, capovolgiamo il tubo, ed introduciamo codesto suo estremo nel mercurio contenuto in un vaso di vetro, avendo cura di non ritirare il dito dall'apertura, finchè questa sia ben al disotto della superficie del mercurio stesso. Nella figura 16, vedete il tubo già capovolto, che sorge diritto sul vaso. Osserviamo ora che sia accaduto.

Nello scorgere qua, in cima del tubo, uno spazio rimasto vuoto di mercurio, la prima idea che vi farete, sarà che lì vi sia dell'aria: ma non è così. Infatti, inclinando di molto il tubo, il mercurio entra a riempirlo, e di nuovo esso si riduce al primo livello, raddrizzando ancora il tubo. Ma voi direte: come mai l'aria atmosferica, la quale preme in tutte le direzioni, e quindi anche sulla superficie del mercurio nel vaso non ispinge il mercurio stesso a riempire questo spazio vuoto?

Essa preme contro il mercurio del vaso con una forza bastevole a tener su nel tubo una colonna di mercurio alta 76 centimetri (operando

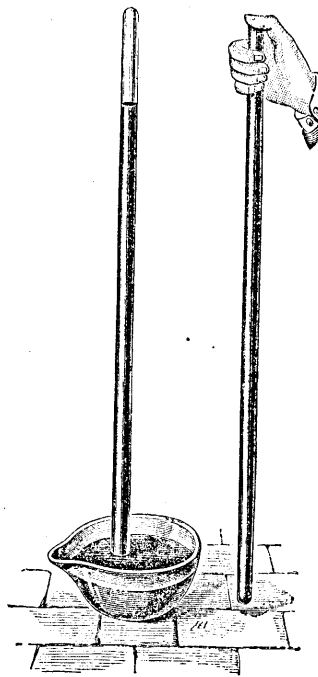


Fig. 16.

in località poco elevata sul mare): ma non può fare di più. Il peso di questo mercurio, premendo all'ingiù, contrappesa esattamente la pressione, colla quale l'aria esterna spinge il mercurio stesso

all'insù. Quindi l'interna colonna di mercurio, non potendo spingersi più all'ingiù, e la esterna pressione non potendola spingere più su, ne risulta lì uno spazio vuoto al disopra della colonna.

Questo esperimento fu immaginato da un italiano nominato Torricelli. Cotesto tubo è chiamato *barometro*, e lo spazio vuoto superiore è detto *vuoto torricelliano*. Però i barometri sono muniti di una scala, divisa in centimetri e millimetri, mediante la quale può misurarsi accuratamente l'altezza della sommità della colonna liquida sovra il livello del mercurio stesso nel pozzetto inferiore, che sta collegato col tubo.

37. USI DEL BAROMETRO. — Il barometro è adoperato per molti intenti. Per esempio, col suo mezzo possiamo determinare l'altezza di un monte. All'articolo 24 avete appreso che la pressione d'un liquido va crescendo coll' aumentare della profondità sotto la superficie di livello. La stessa cosa vale per questo oceano d'aria, che involge la superficie terrestre; la pressione sarà maggiore nei luoghi bassi, che non nelle località elevate di molto.

Pertanto, se noi andremo salendo verso la sommità di un monte, avremo su di noi un peso d'aria ognor più piccolo di quello che avevamo stando in basso, e perciò la pressione dell'aria sarà assai minore alla cima del monte che alla base. Laonde lassù l'aria non sarà capace di equilibrare la stessa colonna di mercurio, che essa regge al basso; cioè il barometro, invece di una colonna di mercurio alta 76 centimetri, ci pre-

senterà una colonna di un'altezza tanto minore, quanto più alto sarà il monte. Infatti il mercurio va discendendo più e più nel tubo del barometro quanto più alto nell'aria lo rechiamo. E così, per mezzo di questo stromento, potremo argomentare a quale altezza ci siam levati.

Per la stessa ragione accade che l'altezza ordinaria del barometro — la quale riesce di circa 76 centimetri, come dissi poc'anzi, pei luoghi che stanno a livello del mare o poco sopra, — risulta sempre tanto minore di 76 centimetri quant'è più elevata la località ov'esso trovasi, rispetto al livello dell'oceano e dei mari.

Il barometro è pure adoperato per fare qualche pronostico su l'andamento del tempo: poichè il barometro, anche in un dato luogo, presenta continue variazioni nella sua altezza. Quando il barometro si abbassa, cioè quando la sommità della colonna di mercurio discende nel tubo, e specialmente quando si abbassa rapidamente, possiamo aspettarci un tempo cattivo; laddove, se il mercurio oscilla poco e si mantien alto, possiamo attenderci la continuazione del bel tempo.

Inoltre il barometro, anche quando il tempo è stabile, offre alcune piccole oscillazioni giornaliere, per cui si abbassa di qualche millimetro (uno a due) da alcune ore dopo la levata del sole sino a qualche ora innanzi il tramonto; per elevarsi poi nella sera e nel mattino di quasi altrettanto.

38. MACCHINA PNEUMATICA. — Più addietro dicemmo come si possa estrarre l'aria da una boccia, mercò la macchina pneumatica. Vediamo ora,

col sussidio della figura, come agisca questo strumento.

Ma prima conviene che vi dica cosa intendasi per *valvola*. Una valvola è appunto un ordigno che chiude per bene un canaletto od un foro praticato nella parete di un recipiente, e che può aprirsi soltanto da una banda, per esempio, all'insù.

Ora nella figura 17, vedete una campana (*V*) contenente aria, applicata a buon contatto su di

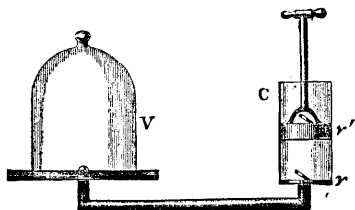


Fig. 17.

un piatto; vedete pure scender giù dal mezzo del piatto un tubo, il quale aprendosi da una parte verso la campana, e dall'altra verso un cilindro *C* o corpo di tromba, stabilisce comunicazione fra di loro. Vedete altresì uno stantuffo od embolo, che può muoversi all'insù od all'ingiù entro il cilindro. Ed infine vedete due valvole *r* ed *r'* chiudenti due aperture, l'una fra il tubo ed il fondo del cilindro, l'altra nel corpo stesso dello stantuffo: ambedue queste valvole si aprono verso l'alto e non all'ingiù.

Supponiamo che da principio l'embolo sia al fondo del cilindro, che le valvole sian chiuse, e

che s'incominci appunto a spingere all'insù l'embolo stesso. Nel far ciò lasciam dietro di questo uno spazio vuoto, che l'aria od altro gas, tenterà di riempire, appena possa entrarvi (art. 29). L'aria esterna tende pure a spingersi in questo spazio; ma non può entrarvi senza premere contro la valvola superiore, la quale perciò si chiude più fortemente, non potendo essa muoversi all'ingiù. Invece l'aria della campana può più facilmente uscirne. Poichè essa, diffondendosi lungo il tubo, e premendo colla propria tensione su la valvola inferiore, la spinge all'insù, nel qual senso appunto questa può aprirsi. E quindi l'aria entrerà nello spazio vuoto anzidetto.

Ora supponiamo condotto l'embolo sino alla cima del cilindro, e cominciamo a spingerlo all'ingiù. La spinta data all'embolo si comunica all'aria, e questa alla sua volta comunica tale spinta alla valvola inferiore, la quale per ciò sta chiusa: ma l'aria stessa rinserrata e compressa nel cilindro può invece operare colla sua tensione aumentata sulla valvola superiore, spingendola ad aprirsi. E così, continuando a premere all'ingiù l'embolo, tutta l'aria che stava nel cilindro viene spinta fuori, attraverso la valvola stessa. Or quest'aria che cacciammo fuori è parte di quella che dianzi stava nella campana; cosicchè, col primo movimento doppio di salita e di discesa dell'embolo, noi ottenemmo, ben lo capite, di spinger fuori una parte dell'aria della campana.

Ripetendo poi il medesimo processo, cioè, alzando ancora lo stantuffo, l'aria esterna tiene

chiusa la valvola superiore, mentre l'aria interna, per la via del tubo, giungerà ad aprire la valvola inferiore ed a riempire lo spazio vuoto, formato col salire dello stantuffo stesso. E quando questo discende di nuovo, la valvola inferiore sta chiusa e la superiore si apre, per lasciare sfuggire l'aria passata nel cilindro. Cosicché ad ogni doppio movimento, verremo estraendo altra parte dell'aria della campana.

Per riescire in questo lavoro, è necessario che lo stantuffo serri per bene colla sua superficie cilindrica contro la parete del cilindro in cui esso si muove, senza di che l'aria interna, non comprimendosi, non potrebbe operare convenientemente su le due valvole; epperò non potrebbe estrarre successive quantità d'aria dal recipiente.

Io vi esposi così il modo di operare di questa macchina pneumatica: ma voi non dovete attendervi che tutte le macchine abbiano precisamente una forma simile a quella che vi ho mostrata. Tuttavia il principio di tutte codeste macchine è lo stesso, benchè la figura e la disposizione delle parti siano in esse abbastanza differenti.

39. TROMBA AD ACQUA. — Dopo avervi così parlato della tromba ad aria, lasciatemi ritornare per un momento al barometro. Voi vedeste come la pressione dell'aria è appunto valevole a tener sollevata una colonna di mercurio di 76 centimetri (sempre inteso a livello del mare). Ma l'acqua, essendo circa 13 volte e mezza meno pesante del mercurio, a pari volume dobbiamo

aspettarci che la pressione dell'aria possa tener sollevata una colonna d'acqua assai più alta, cioè alta circa 13 volte e mezza l'altezza anzidetta della colonna di mercurio. Infatti la pressione atmosferica può reggere una colonna d'acqua alta all'incirca 10 metri ed un terzo, ne' luoghi poco elevati sul mare.

Ciò vi agevola l'intendere come operino le trombe comuni. Nella figura 18, avrete uno schizzo, che mostra l'interno di cosiffatta tromba. Nel fondo abbiamo un serbatoio, dal quale vogliamo trarre l'acqua, per sollevarla; abbiam poi un tubo, che mena da questo serbatoio ad un corpo di tromba, nel quale vedete uno stantuffo, ben serrato contro il cilindro, e nello stantuffo una valvola aprentesi all'insù; mentre nel fondo del cilindro vi è un'altra valvola, che s'apre pure verso l'alto. Insomma il cilindro di questa tromba ad acqua è affatto simile a quello della tromba ad aria (art. 38).

E qui pure possiam cominciare col supporre che l'embolo sia al fondo del cilindro. Allora, sollevando l'embolo, l'aria esterna, premendo sulla valvola superiore, la terrà serrata, appunto come nella tromba ad aria. D'altra parte l'aria del tubo, colla propria tensione, si spingerà attraverso la valvola inferiore per investire lo spa-

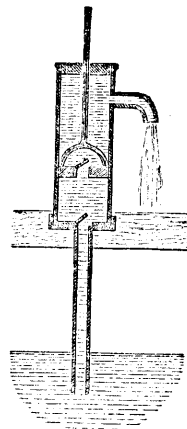


Fig. 18.

zio lasciato vuoto dal salire dell'embolo. Quando poi abbasseremo questo, la valvola inferiore si terrà chiusa e quella dell'embolo si aprirà; lasciando uscire l'aria. In tal modo potremo estrarre l'aria e dal cilindro e dal tubo che sbocca in esso.

Ma intanto cosa farà l'acqua che sta nel serbatoio? L'aria esterna continua a premere sulla superficie dell'acqua stessa, ed avendo noi tolta via l'aria dall'interno del tubo, la esterna pressione, non essendo più controbilanciata dalla tensione dell'aria preesistente nel tubo medesimo, opererà per ispinger su l'acqua entro di questo. Anzi, quando tutta l'aria sarà levata da esso, il tubo si empirà tutto di acqua, la quale poi irromperà nel corpo di tromba, aprendo la valvola inferiore.

Ma tutto ciò non si potrebbe ottenere, qualora la distanza fra la superficie dell'acqua nel serbatoio e la valvola inferiore fosse maggiore di dieci metri. Poc' anzi vedeste che la pressione dell'aria, a livello del mare, può reggere una colonna d'acqua alta circa 10 metri: talchè, se questa fosse più alta, non la reggerebbe. Perciò, ove la predetta distanza fosse maggiore, l'acqua del serbatoio non potrebbe sollevarsi sino al cilindro, nè potrebbe in esso entrare. Invece, ove questa distanza sarà appena di nove metri e mezzo, oppur meno, la tromba lavorerà a dovere, e l'acqua entrerà nel cilindro. Supponiamo ora che quest'ultimo sia pieno di acqua, e che si spinga all'ingiù l'embolo.

La pressione comunicata ad esso si trasmet-

terà all'acqua e quindi alla valvola inferiore, la quale si terrà chiusa. D'altra parte la reazione dell'acqua alla compressione forzerà la valvola superiore per aprirla, e movendosi questa appunto all'insù, l'acqua passerà al disopra dell'embolo. Allora poi, quando sollevasi lo stantuffo, sollevasi insieme l'acqua che vi sta sopra, e potrà questa erogarsi pel tubo di scarico della tromba. E così di seguito: ad ogni moto di salita dello stantuffo l'acqua si sfogherà per questo tubo.

Esperienza 32.^a — Per rendere sensibile ai vostri propri occhi cosa accade in una tromba comune, prenderò un modello, nel quale il corpo di tromba è formato da un robusto tubo di vetro: cosicchè possiate vedervi per entro.

Guardate appunto che, quando io alzo lo stantuffo, la valvola superiore si chiude, e la inferiore si apre; laddove, quando io lo abbasso, si chiude la inferiore e s'apre la superiore.

Intenderete pure che, ove lo stantuffo non si tenesse per bene serrato contro il cilindro, la tromba non agirebbe, impedita dall'operare per l'accesso dell'aria esterna durante il moto ascendivo dello stantuffo stesso.

Talvolta la tromba non può agire, se non è di frequente adoperata, poichè il cuoio che circonda l'embolo rendendosi secco e duro, la tromba non può parimenti operare. In questo caso, gettando un po' d'acqua al disopra dello stantuffo, il cuoio si rammollisce e serve ancora a tenere la chiusura.

40. SIFONE. — Innanzi lasciare questo argo-

mento, vi descriverò un istrumento chiamato *sifone*, l'azione del quale, come quella della tromba, dipende dalla pressione dell'aria. Quindi non isvolgerò per disteso la sua teoria.

Eccovi il sifone rappresentato nella figura 19: lo si impiega per trasportare i liquidi da un vaso elevato in altro più basso. Perchè operi, bisogna

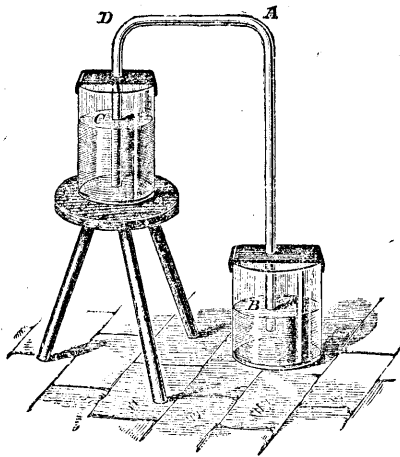


Fig. 19.

prima volgere all'insù il sifone, empiirlo tutto di acqua, chiudere col dito il ramo più corto di esso *CD*, recare questo estremo sotto la superficie dell'acqua nel vaso più alto, ed allora ritirare il dito. Avrete di poi l'acqua che fluisce, come una corrente continua, dal ramo più lungo, *AB* del tubo nel vaso inferiore. In tal modo po-

tete trasportare completamente l'acqua da un vaso all'altro, purchè il tubo corto del sifone abbia bastevole lunghezza da giungere al fondo del vaso superiore.

Meglio ancora serve il sifone quando in un vaso si abbiano due liquidi di diversa natura o di diversa densità, e si voglia levarne fuori uno solo di tali liquidi, senza smuovere il vaso che li contiene.

CORPI IN MOTO.

41. ENERGIA. — Già vi parlai dei diversi modi o delle diverse affezioni delle cose, e vi dissi che una palla da cannone in moto è cosa ben diversa da una palla ferma, ed una palla rovente da altra fredda. Vi dissi altresì che uno dei principali intenti del presente libretto è di scoprire alcun che su questi vari modi o su queste affezioni della materia (art. 1). Ma non volli cominciare da ciò. Prima vi parlai delle cose stesse; affinchè acquistaste una bastevole cognizione su le proprietà caratteristiche dei solidi, dei liquidi e dei gas. Ora è tempo che impariate alcun che sui modi delle cose stesse.

Vi ho detto che i corpi sono talvolta pieni di energia, come una palla da cannone in moto, e talora sono interamente spossati e privi d'ogni vigore, come una palla ferma e fredda.

Ma qui vogliamo soltanto studiare i casi più cospicui, ne' quali un corpo si mostra dotato di

energia. Ora questo accade quando un corpo è in *moto attuale*; quando è in *rapida vibrazione*; quando è *caldo*; quando è *elettrizzato*. E così, sotto queste quattro divisioni, studieremo diverse classi di energie dei corpi.

Innanzitutto parleremo dei corpi in moto attuale, e sotto questo aspetto vi darò qualche idea delle forme di azione di tali corpi. Parleremo poi dei corpi in vibrazione, come di una campana o di un tamburo che suonano, ed a questo proposito vi dirò qualche cosa sul suono. In seguito parleremo dei corpi caldi, ed a questo riguardo vi dirò alcun che sulla luce e sul calore. E finalmente, parlando dei corpi elettrizzati, discorrerò di quella misteriosa forma di energia, che chiamasi l'elettricità.

In questo libriccino elementare non posso esporre, come farebbero in un corso completo, tutto ciò che si conosce sui vari modi dei corpi e sulle varie specie di energie, che essi talora posseggono. Tanto deve riservarsi per un grado più avanzato di studi. Qui posso darvi appena un saggio dell'argomento, dicendovi sol quanto v'ha di maggiore importanza.

42. DEFINIZIONE DI LAVORO. — Quando noi diciamo che una persona è piena di energia, vogliamo dire che essa è piena di vigore per lavorare. Similmente quando diciamo che una cosa possiede molta energia, intendiamo ch'essa è ricca di potenza per produrre lavoro. Perocchè noi misuriamo l'energia di una cosa qualsiasi colla quantità di lavoro che essa può dare, utilizzando intieramente. Così, se alziamo di un

metro il peso di un chilogrammo, facciamo una certa quantità di lavoro; e se alziamo il peso stesso a due metri, faremo un lavoro doppio, ed un lavoro triplo, alzandolo a tre metri; e così via. Quindi, se chiamiamo *uno* il lavoro per alzare un chilogrammo ad un metro — lavoro che dicesi anche *chilogrammetro* — diremo *tre* il lavoro per elevarlo a tre metri.

E similmente il lavoro per alzare due chilogrammi ad un metro d'altezza è doppio di quello richiesto per alzarne uno all'altezza medesima. Talchè risponderà a dodici chilogrammetri il lavoro per alzare tre chilogrammi all'altezza di quattro metri. Insomma, *moltiplicando il numero dei chilogrammi sollevati per il numero dei metri di altezza, avrete nel prodotto il lavoro fatto in ogni singolo caso.*

Supponiamo di puntare un cannone diritto all'insù, e con esso lanciamo una palla pesante 20 chilogrammi con tale velocità da spingerla sino all'altezza di 200 metri, potremo assegnare quanta energia possedeva la palla nell'atto della scarica. Quest'energia essendo atta a sollevare 20 chilogrammi all'altezza di 200 metri, l'energia stessa varrà a produrre un lavoro eguale a 20×200 ossia 4000 chilogrammetri.

Se poi porrò nel cannone una maggiore carica di polvere, potremo ottenere che la palla ne esca fuori con una maggiore velocità. Supponiamo che la palla stessa possa ora levarsi a 400 metri, essa avrà dunque una energia capace di produrre un lavoro eguale a $20 \times 400 = 8000$ chilogrammetri. Insomma quant'è più grande la

velocità o rapidità colla quale la palla è spinta fuori, maggiore sarà l'altezza cui essa giungerà, maggiore il lavoro che essa potrà fare, e quindi maggiore l'energia che essa possiederà.

43. LAVORO FATTO DA UN CORPO IN MOTO. — Qui non posso entrare addentro nel soggetto. Ma pur dirò che un corpo spinto all'insù con una velocità doppia, si leverà ad un'altezza non già doppia, ma due volte doppia, cioè *quadrupla* di quella cui sarebbesi elevato colla velocità *uno*; e che un corpo spinto con una velocità tripla, si innalzerà ad un'altezza tre volte tripla, cioè *nonupla*. In generale l'altezza cresce come il quadrato della velocità. Perciò una palla da cannone, mossa con una velocità doppia di un'altra, sarà capace di produrre un lavoro quadruplo.

Sonvi però altri mezzi per misurare il lavoro di una palla da cannone, in relazione alla velocità della medesima. Possiamo spingere la palla contro un certo numero di tavole di legno, eguali tra loro e poste a contatto, le une serrate colle altre, e troveremo che una palla, spinta con una velocità doppia di un'altra, perforerà circa quattro volte più tavole dell'altra, e che una palla, avente una velocità tripla, attraverserà un numero di tavole nove volte quello attraversato dalla palla avente la velocità uno; e così via. Quindi una palla avente una velocità due, può esercitare un'azione distruttiva quattro volte maggiore di quella prodotta colla velocità uno. Ossia, in qualsiasi modo misuriamo la sua energia, abbiam sempre un valore quattro volte maggiore dell'altra.

44. ENERGIA DI POSIZIONE. — È ben facile convincersi che un corpo in moto abbia il potere di compiere una certa quantità di lavoro. Tuttavia spesse volte abbiamo energia in corpi quieti: del pari che una persona può stare tranquilla, ed esser capace di produrre gran quantità di lavoro, quando essa ci si metta.

Prendiamo a considerare due uomini, ugualmente vigorosi, i quali combattono tra loro, provveduti entrambi di un mucchio di pietre, che essi lanciansi l'un contro l'altro. Però uno di essi sta col suo mucchio di pietre in cima d'una torre, mentre l'altro se ne sta col proprio mucchio in basso. Io non vi chiedo quale dei due possa più facilmente vincere la lotta; giacchè subito risponderete: l'uomo che sta in cima della torre. Ora qual vantaggio ha egli? Egli non è nè più poderoso, nè più energico dell'altro; il suo vantaggio lo deve solo alla posizione delle sue pietre.

Le sue pietre hanno maggiore energia di quella che abbiano le pietre dell'altro che sta al fondo; poichè le prime possono riprodurre l'energia sfruttata quando furono portate nell'alta posizione in cui ora stanno. Ed infatti esse sono capaci di produrre da loro un lavoro, senza che la persona faccia alcun sforzo per lanciarle all'ingiù; cioè tali pietre sono in condizione più appropriata per abbattere la persona che sta sotto, mercè l'energia che esse acquistano colla caduta, e che sarà equivalente a quella dianzi spesa, per sollevarle ed ammucchiarle lassù.

Supponiamo poi due mulini ad acqua, uno

avente presso di sè un largo bacino o stagno di acqua ad un livello superiore, mentre l'altro ha vicino uno stagno posto ad un livello inferiore a quello del mulino. Se vi domandassi quali di questi mulini sarà atto al lavoro? Voi subito mi direste quello che ha l'acqua ad alto livello, giacchè la caduta dell'acqua potrà sospingere e mantenere in moto la ruota. Quindi col bacino d'acqua elevato, si può compiere un lavoro; ossia con una *caduta d'acqua*, come la si suol chiamare, si può produrre vari *utili lavori*, quali sarebber quello di trebbiare il grano o di macinarlo, oppure di segare il legno o di tornirlo. E qui analogamente a quanto abbiam notato sopra (art. 42) il lavoro ottenibile da una data quantità d'acqua cadente crescerà coll'altezza di caduta dell'acqua, cioè sarà proporzionale alla caduta d'acqua; e l'impeto dell'acqua sarà proporzionale al quadrato (art. 43) della velocità acquistata percorrendo la caduta stessa.

Dall'altra parte, non è possibile trarre qualsiasi lavoro da uno stagno d'acqua, che è più basso del mulino stesso.

Paragoniamo ora un mulino ad acqua, mosso da una cascata d'acqua, con un mulino ad aria, mosso dal vento. Quest'ultimo è simile alla palla da cannone, la quale non può muoversi per sè, e la cui energia non può essere altro fuor quella di un corpo in moto attuale. Ed è infatti il vento che, spingendosi contro le ali del mulino ad aria e forzandole a girare, può solo farlo operare; in egual modo che gittando una piuma od una pagliuzza nel mezzo d'una corrente d'aria, vediamo che esse sono portate via dal vento.

Un mulino ad acqua ha un notevole vantaggio su quello ad aria, perchè in quest'ultimo dobbiamo aspettare che il vento soffii, mentre nel mulino ad acqua, con una buona altezza di caduta, possiamo spinger con forza l'acqua contro la ruota, quando ci piace; ossia possiamo conservare il nostro capitale di energia, per usarne in ogni caso ce ne venga il desiderio.

Imperocchè l'energia di un corpo in moto è simile al denaro corrente che stiamo spendendo; mentre l'energia di una caduta d'acqua, o di un corpo che tiene un'alta posizione è simile al denaro deposto in una banca, da cui possiam trarlo fuori quando ce ne venga bisogno.

CORPI IN VIBRAZIONE.

45. Suono. — Un corpo che cambia di posto è certo in moto; ma da ciò non segue che ogni corpo in moto cambi di posto nel suo insieme. Un disco che ruoti attorno ad un punto fisso è certamente in moto, eppure esso, nel suo insieme, non muta di posto.

Esperienza 33.^a — Eccovi una verghetta, che è fissa ad un sostegno pel suo capo inferiore. Spostiamone alcun po' l'estremo superiore e tosto abbandoniamolo; esso andrà movendosi rapidamente innanzi ed indietro, senza che la verghetta cangi posto. Quando le particelle

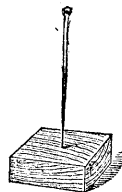


Fig. 20.

di questa verghetta si muovono di tal modo, alternando continuamente il verso del movimento, or in avanti or in addietro, e ad eguali intervalli di tempo, si dice che le particelle stesse sono in istato di *vibrazione*.

Similmente una campana od un tamburo, mediante una percossa, assumono lo stato di vibrazione. E così ancora una corda d'uno strumento musicale, pizzicata ed abbandonata, entra in istato di vibrazione.

Ora il moto di vibrazione, al pari del moto da luogo a luogo, indica un'energia: ed invero le particelle del corpo vibrante si muovono attivamente da uno ad altro posto. Se poi tentate di fermarle, esse produrranno su voi un urto sensibile, e così urtano ogni cosa che incontrano nel loro cammino; quindi l'aria atmosferica, che circonda il corpo vibrante, riceverà da esse una serie di urti, a intervalli eguali di tempo. Però quando l'estremo della verghetta si muove in un verso, essa dà all'aria un urto nella medesima direzione e nel medesimo senso; ed altrettanto farà di poi, quando esso si muoverà in verso opposto. Laonde un corpo vibrante, in un breve tempo, dà un gran numero di piccoli urti all'aria, di verso alternativamente opposto. E l'aria così colpita non può starsene indifferente; essa colpirà similmente l'aria vicina e questa ancora, alla sua volta, altr'aria, e così via. Talchè ogni colpo, dato direttamente all'aria dal corpo vibrante, vien trasportato ad una grande distanza, insino a giungere al nostro orecchio. Però questa serie di colpi non produce

su di noi una sensazione simile a quella che ci darebbe un urto od una percossa, e perciò non lo chiamiamo un corpo, ma diciamo che *un suono ha colpito il nostro udito*, ed infatti udiamo un suono.

46. CHE SIA UN RUMORE E CHE UN SUONO MUSICALE? — Se i corpi che percuotono l'aria producono appena un sol colpo come quando si esplose un cannone, l'aria trasporta questo corpo al nostro orecchio, ed allora diciamo di sentire un *rumore*. Se invece il corpo che percuote l'aria è in vibrazione, e produce buon numero di piccoli colpi in un secondo, l'aria che li trasporta tutti dà appunto in un secondo molti colpi ad una sottile membrana (chiamata *timpano*) che sta nel fondo del nostro orecchio, ed allora diciamo di udir un suono musicale. Vedete quindi che *un rumore è un forte ed unico colpo impresso all'organo dell'udito; laddove un suono musicale è una serie di piccoli colpi o di vibrazioni che vi si succedono con regolari intervalli*.

Inoltre se il corpo vibrante, che origina questi spostamenti, produce nell'aria soltanto un piccolo numero di vibrazioni in un secondo, e questi vengono trasmessi al nostro orecchio, noi udiamo allora una *nota profonda o grave*; che se il corpo vibrante genera nell'aria, nel tempo stesso, un gran numero di vibrazioni che giungono al nostro udito, noi percepiamo una *nota alta od acuta*. Adunque *una nota grave significa un piccolo numero di colpi dati in un secondo, mentre una nota acuta significa un gran numero di colpi prodotti nello stesso tempo*. Una nota

acutissima corrisponde a circa 20,000 colpi in un secondo, mentre una nota estremamente bassa dà, nello stesso tempo, appena un 50 colpi all'incirca.

47. IL SUONO PUÒ FARE UN LAVORO. — Una nota musicale è piacevole; laddove un rumore od un colpo forte ed isolato è sgradevole, e talvolta questi colpi guastano l'udito, ove siano violentissimi. Così, scaricando un grosso cannone, il colpo dato alle orecchie, in qualche caso, toglie l'udito, guastando il timpano; e talora l'impeto dell'onda sonora suscitata nell'aria, battendo contro una lastra di vetro, può produrvi così forte concussione da spezzarla. In alcuni casi, come nella esplosione di un magazzino di polveri, tutte le vetriate dei fabbricati vicini sono ridotte in pezzi. Vedete adunque che un forte rumore porta con sé una energia, e può compiere un lavoro, ma specialmente un lavoro di distruzione.

48. IL SUONO ABBISOGNA DELL'ARIA PER ESSERE TRASPORTATO. *Esperienza 34.^a* — Prendiamo una soneria, cioè una campanella metallica, percossa ripetutamente da un martelletto mosso da un elastro, e poniamola sotto una campana, dalla quale si estrae poi l'aria mercò la macchina pneumatica. Osserviamo che, sebbene la campanella continui ad essere percossa allo stesso modo, al nostro udito giungono sempre più affievoliti i colpi di martello, mano mano diminuisce la quantità d'aria residua nella campana; anzi, da ultimo, i colpi stessi non producono più su di noi una distinta sensazione di suono.

Non essendovi aria, non vi è nulla che possa essere colpito dalle particelle vibranti della campanella, e perciò nessun colpo vien recato all'orecchio. Laonde una campana che sia stata percossa da un altro corpo vibrante ha in sé una quantità di energia, una parte della quale essa comunica all'aria, mentre l'aria alla sua volta ne fa parte all'udito. Ma, se non v'è aria, non v'è nulla che trasporti all'udito nostro l'energia del corpo vibrante.

49. MODO DI MOVIMENTO DEL SUONO ATTRAVERSO L'ARIA. — Voglio ora dirvi qualche cosa sulla natura di quel movimento che chiamiamo suono, il quale è trasmesso all'aria dai corpi vibranti, e che l'aria stessa trasporta a grandi distanze.

Innanzitutto non dovete supporre che quando un cannone vien iscaricato alla distanza di qualche chilometro, le stesse particelle d'aria percorrano tutto lo spazio interposto fra il cannone ed il nostro udito. Le particelle che toccano il cannone danno un colpo alle contigue, e per sé si riducon ferme; mentre quelle che riceveranno il colpo vanno a colpir altre ad esse vicine, ed allora pur esse si fermano, e così via; finchè il colpo giunge al nostro orecchio. Col seguente esperimento procurerò di mostrarvi come ciò accade.

Esperienza 35.^a — Prendiamo una serie di palle elastiche sospese, per separati fili, in modo da avere i loro centri allineati e da toccarsi appena l'una coll'altra. Sollevate una delle palle che sta ad uno dei capi della serie, ed abbandonatela; essa va a colpire la seconda. Che ne

accade? La prima palla, appena dato il suo colpo alla seconda, si riduce ferma; la seconda trasmette il colpo alla terza, e riman pur ferma; la terza fa lo stesso: finchè l'impulso giunge al-

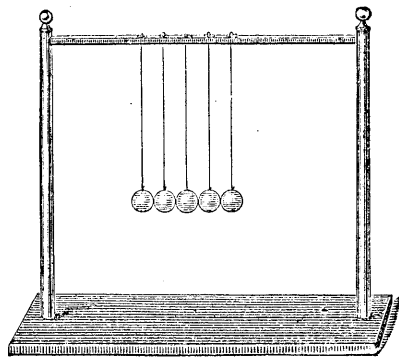


Fig. 21.

l'ultima palla della serie, la quale non trovandone altra da colpire, si muove effettivamente pel colpo da essa avuto. Ora la prima palla può paragonarsi alle particelle d'aria che toccano il cannone, e l'ultima palla a quell'altre particelle che toccano la membrana del timpano. Epperò vedete che il colpo dato dal cannone all'aria vicina, vien trasmesso all'aria contigua all'orecchio, senza che siavi necessità che le stesse individue particelle d'aria si muovano, trascorrendo tutta la distanza, per trasportare il suono.

Se alcuno di voi conosce il giuoco detto delle boccie (pallottole di legno) avrà imparato come contenersi quando vuol cacciar via la palla del-

l'avversario dal buon posto ch'essa tiene rispetto al boccino, e farvi rimanere la propria palla: ei dovrà, con un opportuno colpo, produrre un risultato simile a quello della anzidetta serie di palle.

50. VELOCITÀ DI MOTO DEL SUONO. — Queste impulsioni, o questi urti ripetuti ed alterni dei corpi vibranti, che chiamiamo *suono*, richiedono tempo per propagarsi dal cannone all'udito. Senza dubbio il suono potrà pur camminare rapidamente, al modo che fa una palla da fucile, ma non potrà comunicarsi istantaneamente dal cannone all'orecchio.

Potete persuadervi di ciò osservando un cannone esploso a molta distanza. Allora, prima di tutto, vedrete la fiamma ed il fumo dell'esplosione, e dopo alcuni minuti secondi udrete il rumore del colpo. Ed appunto questi secondi corrispondono al tempo che il suono impiega per propagarsi dal cannone all'orecchio. La fiamma la vedete nello stesso istante in cui si dà fuoco al cannone, e quindi, contando il tempo trascorso tra questa sensazione luminosa e la sensazione sonora, avrete il tempo impiegato dal suono a compiere un tal cammino. Se, per esempio, il cannone fosse lontano un chilometro e voi contaste 3 secondi fra la fiamma ed il rumore, direte che il suono impiegò 3" a percorrere questi 1000 metri nell'aria, ossia che esso si muove colla velocità d'un terzo di chilometro, cioè di 333 metri al secondo. Questa misura appunto corrisponde a quanto l'esperienza ha riconosciuto per l'aria atmosferica, a temperature prossime allo 0°.

Il suono si trasmette altresì attraverso l'acqua. Anzi per essa si propaga con una rapidità maggiore che attraverso l'aria. Alcuni esperimenti fatti sul lago di Ginevra dimostrarono che la velocità di propagazione del suono nell'acqua è più di quattro volte maggiore che nell'aria.

Anche i solidi, come il legno ed il ferro, trasmettono il suono e con grande rapidità. Nel legno, ad esempio, la velocità di propagazione è fra 10 a 16 volte maggiore che nell'aria: per modo che, se fosse dato avere una trave di legno d'abete lunga circa cinque chilometri, essa sarebbe percorsa tutta dal suono in un solo minuto secondo di tempo.

51. Eco. — Supponiamo che io mi trovassi nel centro di un grande spazio, circondato da alte roccie, disposte regolarmente a guisa di un grande anfiteatro naturale, e che da tal punto centrale esplodessi un'arma da fuoco. Il rumore od impulso sonoro propagherebbersi, per mezzo dell'aria, dall'arma esplosa alle circostanti roccie e le percuoterebbe. Or qualche cosa ascolterò ancor dopo. Quando il suono giunge ad urtare le roccie, non potendo procedere oltre, per elasticità retrocede ed in questo caso particolare esso ritorna per la stessa linea che seguì dianzi, sempre camminando nella ragione di un terzo di chilometro al secondo. Ne conseguirà che, pochi secondi dopo l'esplosione, io udirò il suono rimandato indietro dalle roccie, come se di là fosse avvenuta un'altra esplosione. Ora questo suono di ritorno è chiamato *Eco*.

Nel caso di un eco abbiamo dunque il suono

od un rumore, il quale, urtando un ostacolo viene da questo riflesso in addietro. Ma non sempre accade che il cammino di ritorno sia nella stessa direzione di quello d'andata. Ciò dipende dalla forma della superficie contro la quale urta l'onda aerea sonora.

Esperienza 36.^a — Un curioso esperimento è quello che vi mostro nella seguente figura. Ponete due specchi sferici di ottone a qualche distanza l'uno dall'altro e nel punto chiamato foco dell'uno ponete un oriuolo, mentre voi colloche-

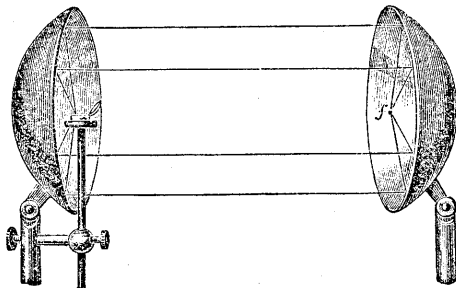


Fig. 22.

rete il vostro orecchio nel foco dell'altro. Di là udirete distintamente i battiti dell'orologio, che non distinguereste anche recando l'orecchio più vicino al primo specchio. Eccone la ragione. Le impulsi date all'aria dall'orologio battono contro la faccia interna del corrispondente specchio, di là vengono tutte riflesse in tal direzione da recarsi sull'altro specchio, dal quale poi sono analogamente tutte riflesse ed avviate al vostro orecchio, posto nel foco di esso.

Questa proprietà del suono ci diede qui una graziosa esperienza; ma talvolta produce anche alcuni inconvenienti. Per esempio, si racconta, che nella cattedrale di Girgenti, in Sicilia, v'è un punto, vicino alla porta occidentale, da dove il più leggier bisbiglio è trasportato e riprodotto in altro punto vicino all'altare maggiore. Ora, inavvertitamente, nel primo di questi punti erasi collocato un confessionale, cosicchè una persona situata nell'altro udiva spesso cose che dovevano restar segrete. Riconosciuto poi il caso, si dovette spostare il confessionale.

La riflessione del suono spiega altresì ciò che accade nelle gallerie parlanti. In quella di S. Paolo in Londra, per esempio, le parole pronunciate da un lato della cupola sono trasportate al lato opposto ad una notevole distanza. Tal altra volta la particolare disposizione delle pareti di uno o più fabbricati può far luogo ad un eco multipla: cioè, producendo un forte rumore, come un colpo di pistola, vien questo udito ripetersi più volte, per riflessioni successive. Così accade presso un vasto fabbricato, detto la Simonetta, poco fuori di Milano. Un effetto analogo produce l'alta cupola del battistero di Pisa.

52. COME SI TROVA IL NUMERO DELLE VIBRAZIONI IN UN SECONDO CORRISPONDENTI AD UNA DATA NOTA. — Vi dissi già che quando un corpo vibrante dà all'aria un piccol numero di colpi in un secondo, abbiamo una nota grave, e che l'abbiamo invece acuta quando l'aria riceve nello stesso tempo un maggior numero di urti (art. 46). Ora ciò che si chiama *altezza* o *tono* d'una nota di-

pende dal numero di colpi dati all'aria in un secondo. Possiamo anzi mostrare con un esperimento come ad ogni particolar nota corrisponda un dato numero di urti. Però spero, coll'aiuto della seguente figura 23.^a, di schiarirvi questa cosa.

Esperienza 37.^a — Eccovi una larga ruota *A*, che può farsi girare con una manovella. Sulla circonferenza o gola di questa ruota, scorre una forte correggia, che passa sull'asse di un'altra ruota *B*.

Per la tensione della correggia e per la notevole differenza tra il raggio della ruota *A* e quello dell'asse della ruota *B*, quest'asse farà un gran numero di giri nel tempo in cui la ruota *A* fa un solo giro, e quindi la ruota *B* stessa ruoterà molto rapidamente, con una velocità corrispondente a quella del suo asse. Vedete pure che il contorno della ruota *B* è tutto irto di piccoli denti. Ora, se un sottil cartoncino vien posto in *E* contro i denti di *B*, ognuno di questi percuoterà il cartoncino nel suo passaggio. Nello stesso tempo il cartoncino, così percosso, ci fa udire un suono, poichè i suoi urti regolari ci son trasmessi attraverso l'aria.

Se, ad esempio, la ruota *B* conta 100 denti, saranno dati all'aria 100 colpi nel tempo in cui essa fa un giro: e se *B* fa un giro al secondo, 100 colpi saranno dati all'aria, e quindi 100 suoni percuoteranno in un secondo il nostro orecchio. Ma, non potendo noi percepire distintamente ognuno di questi suoni, udiremo una nota grave, apparentemente continua.

Ora, col girare rapidamente la manovella, si può ottenere che la ruota *B* faccia 100 giri in un secondo, percuotendo quindi la carta 100 volte ogni giro. In questo caso la carta sarà percossa

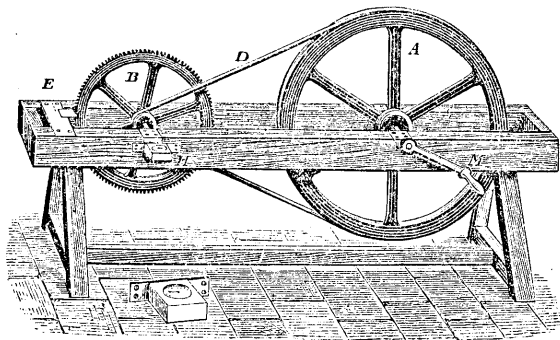


Fig. 23.

100 volte 100, ossia 10,000 volte in un secondo, e quindi 10,000 impulsi colpiranno il nostro udito in un secondo, ed avremo una nota alta e continua.

Qualora voi vogliate trovare il numero di colpi in un secondo, corrispondenti ad una data nota, dovete far così. Girate la manovella, grado a grado più rapidamente, finchè l'istrumento, col mezzo della carta, vi dia appunto una nota della medesima altezza di quella che desiderate misurare, e quando avete così trovata la conveniente velocità, continuate a girare la manovella al modo stesso, almeno per un minuto o più. Colla ruota *B* sta congiunto un quadrante, il quale è

disegnato separatamente, in maggior scala, al disotto dell'apparecchio: codesto quadrante registra quante volte la carta vien battuta, nel mentre continuate per un dato tempo il movimento di rotazione.

Ebbene, intanto che fate girare la manovella colla velocità richiesta per una data nota, vuolsi che altra persona osservi la posizione dell'indice del quadrante al principio ed al fine di un minuto primo. Supponete che trovi essere stata la carta percossa 60,000 volte durante questo tempo, voi direte che ciò corrisponde a 1000 colpi per secondo, e quindi direte che la nota prodotta è quella che corrisponde a 1000 impulsi dati all'aria in un secondo.

CORPI CALDI.

53. NATURA DEL CALORE. — Vedemmo nel capitolo precedente che un corpo in moto attuale possiede un'energia, e che lo stesso può dirsi di un corpo in vibrazione. Notammo pure che un corpo può vibrare senza punto cangiare di luogo; giacchè, nel suo insieme, esso riman fermo, sebbene le singole sue particelle abbiano un modo alternativo di va e vieni.

Passiamo ora a considerare i corpi in istato di scaldamento.

Ma prima vorrete sapere che s'intenda per calore? Per ora, risponderò colla seguente osservazione. Una palla di ghisa, fatta scaldare nel

fuoco sino all'incandescenza, è collocata sul guscio di una bilancia, accuratamente contrappesata, ed è poi lasciata raffreddarsi spontaneamente. Se il calore fosse qualche cosa che entrasse nella palla, dovrebb' essa, col successivo raffreddamento, rendersi sempre più leggiera. Invece questo esperimento, eseguito con tutta cura, mostra che la palla di ghisa non perde affatto di peso nel raffreddarsi. Pertanto qualunque cosa sia il calore, la sua presenza non accresce la gravità della palla del minimo dei pesi.

Poniamo che io stesso mi collocassi sopra una precisa bilancia, e che mentre io vi sto con un esatto contrappeso, entrasse qualche goccia d'acqua nelle mie orecchie; ciò basterebbe a rendermi più pesante di prima. Supponete invece che per le mie orecchie entri un suono. Questo suono mi renderà più pesante? Per nulla affatto. Esso percuote ciò che chiamai il *timpano* delle mie orecchie (art. 46), e lo pone in vibrazione, ed io ascolto un suono: ma io non sarò momentaneamente divenuto più grave per questo accedere del suono nelle mie orecchie. Infatti, mentre il sopraggiungere dell'acqua nelle orecchie è un vero accrescimento di materia che mi rende più grave, il sopraggiungere del suono è puramente la provocazione di un moto vibratorio, che non accresce il mio peso. Ora nello scaldarsi dei corpi produrrebbersi forse qualche cosa di questo genere? L'accedere del calore significherebbe forse lo eccitarsi ne' corpi di una specie di vibrazione o di un moto di va e vieni, il quale nulla aggiungerebbe al peso dei corpi?

Noi abbiamo forti ragioni per ritenere che il calore sia realmente una specie di moto vibratorio: cosicchè quando un corpo è scaldato, ogni minima sua particella concepirebbe un moto alternativo di va e vieni, oppure un moto girettorio. Ma queste particelle sono così piccole ed il loro moto è così rapido, che gli occhi nostri non han modo di vedere ciò che in essi realmente accade.

Forse voi direte: se così fosse, non dovrebbero i corpi caldi produrre un suono, da che le loro particelle, trovandosi in uno stato di rapido movimento vibratorio, dovrebbero suscitare una serie di piccoli impulsi nell'aria che li circonda, appunto come fa un corpo in atto di ordinaria vibrazione? Vi risponderò che bensì il corpo caldo dà una serie di impulsi al mezzo che lo circonda, i quali però sono tali che non impressionano l'*orecchio*, ma impressionano invece l'*occhio* e ci danno la sensazione della luce.

Avremmo così una gran somiglianza fra un corpo che suona, qual'è una campana, ed un corpo caldo, qual'è la palla scaldata all'incandescenza. Le particelle di entrambi questi corpi sono in uno stato di rapido movimento: quelle della campana percuotono l'aria che la circonda, e l'aria trasporta i suoni al nostro udito. Le particelle della palla calda producono una successione di urti nel mezzo che la circonda, e questo li trasporta al nostro occhio. Perciò quando sperimentiamo su' corpi vibranti usiamo l'*orecchio*, e quando sperimentiamo su' corpi fortemente scaldati usiamo l'*occhio*.

Ed in ciascun caso la indagine si divide in due parti.

Pei corpi vibranti abbiám prima lo studio dei corpi stessi, cioè: come accade che vibrino? in che modo essi vibrano? e così via. E d'altra parte abbiám lo studio della velocità colla quale il suono si trasporta per mezzo dell'aria.

Similmente, nel caso dei corpi caldi, dobbiam prima studiare i corpi caldi in loro stessi, e le modificazioni che essi subiscono scaldandosi; ed in secondo luogo dobbiam studiare come procedano i raggi di luce e di calore, i quali trasportano l'impressione attraverso lo spazio.

54. ESPANSIONE DEI CORPI NELLO SCALDARSI. — Un corpo nel mentre si scalda, in pari tempo si espande, cioè si dilata in ogni parte. E ciò accade tanto per un solido, quanto per un liquido, od un gas, siccome ora vi proverò.

Esperienza 38.^a — Prendiamo una lunga asta metallica, fissata stabilmente pel suo capo *B* col mezzo di una vite, l'altro capo è libero di esten-

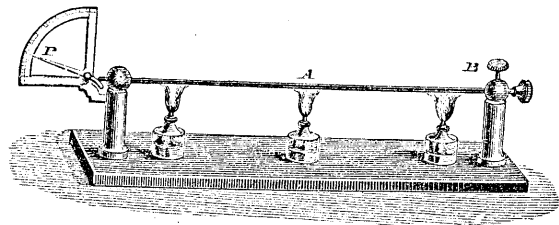


Fig. 24.

dersi, ma nel far ciò preme contro il braccio corto di una lunga e sottile leva, la quale serve

da indice *P*, e la fa innalzare. Pertanto, se l'asta si dilata anche di poco, la variazione nella sua lunghezza si renderà facilmente visibile cogli spostamenti dell'indice. Ponendo poi due o tre lucernette ad alcole al disotto dell'asta, così da scaldarla in più punti, vedremo che appunto l'asta si allunga e fa alzare l'indice. Indi, ritirando le lucerne, l'asta si raffredda e si accorcia, ed in pochi minuti l'indice retrocederà alla sua prima posizione.

Esperienza 39.^a — Eccovi una bolla di vetro, piena d'acqua, alla quale va unito un lungo cannello: scaldando la bolla, l'acqua salirà su pel tubo. Ma in questo caso si dilatano così la bolla di vetro, come l'acqua; però l'acqua espandendosi più del vetro, colla eccedenza della propria dilatazione, si spingerà nel cannello, e lo farà con tal forza, che, se per caso il cannello fosse superiormente chiuso, potrebbe l'acqua premer di tanto da spezzare la bolla.

Esperienza 40.^a — Per variare il precedente esperimento, prendiamo una vescica piena d'aria per circa due terzi della sua capacità, e scaldiamola al disopra del fuoco, facendola girare così che non bruci. In breve l'aria acquistando una tensione maggiore, si espanderà di tanto che la vescica apparirà piena.

55. TERMOMETRI. — Le precedenti esperienze vi provano che il calore fa espandere i corpi, qualunque sia il loro stato, solido, liquido o gassoso.

Consideriamo ora particolarmente il mercurio contenuto in una bolla di vetro. Esso, in simil

modo dell'acqua di poc' anzi, collo scaldarlo, si espanderà e si spingerà su per l'annesso cannello. Ancor qui sonvi in realtà due cose che si dilatano. Dapprima si espande la bolla; cosicchè, se misuraste esattamente il volume di essa, quando è fredda e quando è calda, trovereste esser quest'ultimo un po' maggiore. Però la bolla si dilata meno del mercurio, ed in conseguenza il mercurio, non potendo star tutto nello spazio dapprima occupato, passerà in parte nel cannello, e questo, avendo un vano molto fine, farà sì che una espansione pur piccola del mercurio produrrà un notevole spostamento di questo entro il cannello, così da rendersi sensibile alla vista. Infatti il solo riscaldamento prodotto dalla mia mano applicata alla bolla spinge rapidamente il mercurio su pel cannello, ed invece un semplice soffio d'aria fredda lo fa discendere.

Un istromento di questa fatta è quindi molto comodo per direi quando una cosa sia più calda o più fredda di un'altra. Anzi, vedremo poi, che esso è in ciò giudice migliore che nol sia il nostro senso del tatto (art. 63).

Immergiamo, ad esempio, la bolla di questo stromento nell'acqua contenuta in un vaso, e lasciamvela alcuni minuti; l'estremità della colonnetta di mercurio si ridurrà in breve in tal posizione che serberà di poi; facciamo allora un segno in corrispondenza a questa posizione. Togliamo lo stromento da quel vaso e portiamolo in un altro, contenente pure dell'acqua. Se questa è più calda della prima, il mercurio sorgerà al disopra del segno tracciato, che è quanto dire

l'estremo della sua colonnetta sarà ora più alto: se invece quest'altra acqua è più fredda della prima, il mercurio scenderà al disotto della traccia fatta. E perciò, osservando l'altezza del mercurio nel cannello, possiamo dire se il secondo vaso di acqua sia più caldo o più freddo del primo.

Un istromento così fatto è chiamato *termometro*. Ora vi dirò come lo si prepari.

56. COME SI COSTRUISCA UN TERMOMETRO. — Per fare un termometro, si prende un cannello di vetro col vano sottile: e si soffia una bolla cava all'estremo di esso, lasciandone aperto l'altro estremo verso l'aria. Scaldando questa bolla su di una fiamma, l'aria contenuta si espande, cioè la sua forza di tensione aumenta, ed esce in parte dall'estremo aperto del cannello. Se di subito si tuffa questo estremo sotto la superficie del mercurio posto in un vaso, l'aria rimasta nella bolla, raffreddandosi diminuisce la propria tensione e si riduce ad un minor volume: quindi la pressione dell'aria esterna spingerà su pel cannello il mercurio, ad occupare il posto lasciato dall'aria uscita collo scaldamento, appunto come vedemmo accadere per una tromba (art. 39).

Una parte adunque di questo mercurio si sarà spinto nella bolla. Avremo così in questa un po' di mercurio, che faremo di poi scaldare in un colla bolla su la fiamma di una lampada. Il mercurio comincerà presto a bollire, ed il suo vapore caccierà fuori l'aria, finchè tanto la bolla quanto il tubo conterranno solo vapori di mercurio. Allora, immergendo di nuovo l'estremo

aperto del cannello nel mercurio, il vapore di questo si condenserà rapidamente col raffreddarsi, e formerà un vuoto, a riempire il quale entrerà il mercurio, sempre sospinto dalla pressione dell'aria esterna. Di poi, innanzi che il mercurio si raffreddi, suggelliamo l'estremo del cannello, fondendo il vetro col calore, ed impediamo così che l'aria vi entri.

Ciò fatto, poniamo la bolla e parte del cannello in un vaso contenente ghiaccio in via di fusione. La colonna di mercurio discenderà ancora nel cannello, e quand'essa si sarà resa stazionaria, segniamo sul tubo con un tratto la posizione dell'estremo della colonnetta medesima. Questa sarà la posizione cui si ridurrà la colonna tutte le volte che lo stromento sarà posto nel ghiaccio fondentesi, o in altro corpo che abbia lo stesso grado di freddo.

Abbiassi poi in un vaso metallico in cui si possa mantenere a lungo in ebollizione dell'acqua pura, quando la pressione atmosferica corrisponde a 76 centimetri di mercurio (art. 36). Immergasi la bolla e parte del tubo in quest'acqua bollente, e ve la si mantenga per alcun tempo, segnando poi ancor qui il punto occupato dall'estremità della colonna, quando si sarà resa stazionaria, dopo essersi elevata di molto per l'espansione del mercurio dovuta allo scaldamento dell'acqua.

I due segni, fatti così sul cannello, si chiamano punti fondamentali della graduazione, e si contrassegnano collo 0° quello corrispondente al punto di fusione del ghiaccio, e col 100° quello corri-

spondente al punto d'ebollizione dell'acqua. Poco innanzi imparerete che la temperatura dell'acqua bollente non è affatto costante; ma pel momento la supporremo tale.

Ora rimane soltanto che si divida la distanza tra questi due punti in 100 parti eguali, ciascuna delle quali chiamasi *grado*, e corrisponde ad una variazione di temperatura di un centesimo della differenza tra le due temperature fondamentali. Laonde questo termometro è chiamato *centigrado*. — Convien però riportare sul cannello, al disotto dello 0°, altre divisioni di grandezza eguale alle precedenti, affinché lo stromento valga ad indicare altresì le temperature inferiori a quella dello sgelò dell'acqua.

Quanto vi ho qui esposto su la graduazione di un termometro, può giovarvi anche per riconoscere se il termometro che usate segni giusto: poichè, coprendone il bulbo per bene con ghiaccio sminuzzato o con neve che si fonda, esso deve segnar 0°. E, se porta intera la scala, dovrebbe segnar 100°, involgendolo tutto nel vapore che sorge dall'acqua bollente.

Su questa scala termometrica i massimi calori estivi, per le nostre regioni, cadono fra i 30° ed i 37°, sempre però tenendo il termometro difeso dal sole; ed i maggiori freddi notturni nel verno cadono fra i 10° ed 15° inferiori allo zero. La temperatura del corpo umano, in istato di salute, si mantiene tra i 36° ed i 37°,5.

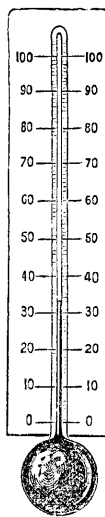


Fig. 25.

Insomma questo strumento ci porge un mezzo molto squisito per misurare la *temperatura* dei corpi, cioè la varia energia colla quale i corpi, differentemente caldi, ossia aventi un differente livello termico possono spinger calore gli uni negli altri, mettendoli a contatto.

57. DILATAZIONE DEI SOLIDI. — Con un metodo, simile a quello dell'esperienza 38.^a, ma assai più accurato, si può riconoscere che le diverse sostanze solide si dilatano differentemente per uno stesso aumento di temperatura, ed altresì determinare di quanto ciascun solido si dilati. Eccovi i risultati di accurate sperienze su questo proposito. Son qui indicate le dilatazioni prodotte in diversi solidi, foggiate a guisa di aste cilindriche, scaldandole dal punto di sgelò al punto d'ebollizione dell'acqua, cioè tra la 0° e 100° del termometro, ritenendo che la lunghezza primitiva di esse (a 0°) fosse giustamente di un metro.

	Dilatazione da 0° a 100° per un'asta lunga metri 1, o a 0°.
Vetro	millim. 0,85
Platino	» 0,89
Acciaio, non temperato	» 1,11
Ferro dolce	» 1,22
Oro	» 1,44
Rame	» 1,69
Ottone	» 1,87
Argento	» 1,92
Stagno	» 2,23
Piombo	» 2,92
Zinco	» 2,92

58. DILATAZIONE DEI LIQUIDI. — I liquidi si espandono più dei solidi coll'aumentarne la temperatura: ma non possiamo sperimentare su di essi nel modo usato pei solidi. Bisogna prenderne una precisa misura, per esempio, un litro, e determinare qual sia il volume del liquido che trabocca da esso, supposto esattamente pieno al punto di sgelò e scaldandolo sino al punto d'ebollizione dell'acqua, tenuto però conto dell'aumento di capacità del recipiente. Esperimentando con metodi di massima precisione, si trovò che un litro di mercurio a 0°, scaldato poi sino a 100°, presenta il volume di 1,01815 litri: laddove l'acqua, similmente scaldata, subisce una più sentita espansione, passando da un litro a litri 1,04312. Molto maggiore è la dilatazione dello spirito di vino (alcole) il quale aumenta il suo volume, per lo stesso scaldamento nel rapporto di 1,0 ad 1,1236.

Da queste ed analoghe esperienze si deduce, che, per un dato aumento di temperatura, i liquidi si espandono più dei solidi, e che i liquidi più coerenti, com'è il mercurio, sono molto meno dilatabili dei liquidi poco coerenti, qual'è, ad esempio, l'alcole.

59. ESPANSIONE DEI GAS. — I gas si espandono per opera del calore, e la loro dilatabilità è rilevante; ma qui dobbiamo por mente ad altra cosa, che ha pur influenza per far espandere i gas. Ricordatevi della palla di gomma elastica posta sotto la campana, la quale si espandeva, per propria tensione, quando diminuiva la pressione dell'aria del recipiente (esp. 25.^a). Quindi,

se vogliam vedere di quanto si espanda un dato gas collo scaldamento, dobbiamo aver cura che l'aria circostante non cangi di pressione.

A modo di esempio, immaginiamo d'avere una vescica contenente un dato volume d'aria, e cerchiamo di quanto questa si espanda, rimanendo sempre la vescica in contatto dell'aria libera esterna — cioè sotto la costante pressione dell'atmosfera — e scaldando l'aria interna cautamente dal punto di sgelò sino a quello di ebollizione dell'acqua.

Operando in un modo analogo a questo, ma suscettivo di precise misure, si trova che una massa d'aria secca, la quale alla temperatura di fusione del ghiaccio presenti il volume di un litro, alla temperatura di ebollizione dell'acqua (a 100°) offre il volume di litri 1,367, dilatandosi di oltre un terzo di litro, e raddoppia il volume scaldandola di 273°.

60. OSSERVAZIONI SULL'ESPANSIONE. — I liquidi ed i solidi nell'espandersi per calore ricevuto, possono esercitare sforzi grandissimi. Empiendò di acqua una palla cava o serratane l'apertura col mezzo di una vite, indi facendo scaldare di molto la palla, la forza di espansione dell'acqua potrà giungere a spezzarla.

Nel costruire un gran ponte tubulare in ferro bisogna far in modo che il ferro stesso abbia agio di dilatarsi, poichè nell'estate il ponte sarà alcun po' più lungo che nel verno, e se esso non avesse spazio per allungarsi, colla sua forza di espansione, metterebbe a pericolo la stabilità del ponte. Tale precauzione è usata nel costruire

ì lunghi ponti tubulari, che servono al sorpasso dei treni ferroviari sui grandi fiumi.

In parecchi casi noi utilizziamo questa forza di espansione e di contrazione dei corpi. Ad esempio, nel fabbricare le ruote dei carri, il cerchio di ferro, col quale le si vogliono serrare, vien prima fatto arroventare ed in tale stato è applicato a forza sul contorno della ruota; allora il cerchio stesso, rapidamente raffreddandosi, si contrae e stringe molto fermamente tra di loro le varie parti della ruota.

61. CALORE SPECIFICO. — A far crescere la temperatura di un grado in taluni corpi richiede una quantità di calore maggiore di quella voluta per far ciò in altri corpi, benchè abbian tutti un egual peso. La quantità di calore voluta a scaldare di un grado l'unità di peso di una sostanza è chiamato *calore specifico* della sostanza stessa.

L'acqua ha un calore specifico ben notevole, talchè, per essere scaldata di un grado, richiede maggior calore che ogni altra sostanza, sempre a pesi eguali. Così occorre circa lo stesso calore per aumentare di 1.° grammi 1 d'acqua, gr. 9 di ferro, gr. 11 di zinco, e grammi 30 di oro o di mercurio.

Esperienza 41.ª — Per convincersi del grande calore specifico dell'acqua, prendiamo 200 grammi di mercurio e scaldiamoli a 100°, ossia al punto d'ebollizione dell'acqua, ed allora mescoliamoli entro un sottile vaso di vetro, con 100 grammi di acqua all'ordinaria temperatura, che sopporremo essere di 20°. Collo stesso termome-

tro determiniamo la temperatura dell'acqua prima della mistura e la temperatura della mescolanza dopo aggiunto il mercurio, e troveremo quest'ultima temperatura a' circa 25°, cioè di appena 5° superiore alla precedente, in opera del calore comunicato dal mercurio all'acqua, sebbene la quantità del mercurio fosse doppia di quella dell'acqua, e sebbene il mercurio siasi intanto raffreddato di 75°.

Il fatto ora esposto del richiedersi quantità differenti di calore per produrre eguali scaldamenti in pesi eguali di sostanze diverse, ha suggerita l'idea di poter paragonare tra loro le varie quantità di calore volute a produrre dati effetti in dati corpi, assumendo, come *unità di misura* delle quantità stesse, il calore necessario a scaldare una unità in peso (un chilogrammo) d'acqua di una unità termometrica (un grado); e si chiamò *caloria* questa quantità unitaria di calore.

Ad esempio, a scaldare 5 chilogrammi di acqua di 10°, si dirà che occorrono $5 \times 10 = 50$ calorie.

Per le altre sostanze bisogna altresì tener calcolo del calore specifico della sostanza. Così, per isaldare un chilogrammo di ferro, richiedendosi appena $\frac{1}{9}$, ossia 0,11 della quantità di calore che sarebbe voluta per isaldare similmente un chilogrammo d'acqua, si dirà che occorrono calorie 0,11; od in altre parole che il calore specifico del ferro è 0,11 di quello dell'acqua. Pertanto, volendo scaldare 10 chilogrammi di ferro da 0° a 100°, occorreranno $10 \times 100 \times 0,11 = 110$ calorie.

62. CAMBIAMENTO DI STATO. — Abbiamo parlato più sopra dei tre stati della materia: solido, liquido e gazofo. Ora dobbiam dire che ogni sostanza, collo scaldarla più e più, passa prima dallo stato solido al liquido, e poi dallo stato liquido al gazofo. Nel libriccino di *Introduzione* avete appreso che il ghiaccio, l'acqua ed il vapore hanno precisamente la stessa composizione, e che il ghiaccio produce acqua, scaldandolo, e l'acqua produce vapore, scaldandola ancor più.

Gli stessi cambiamenti accadono per le altre sostanze, trattate in simil modo. Ad esempio, prendiamo un pezzo del metallo chiamato zinco, e scaldiamolo: dopo alcun tempo esso si fonde, e proseguendo a scaldarlo si risolverà in forma di vapori bianchi. Anche il ferro più duro e l'acciajo si possono render liquidi col calore, ed anche volatilizzarli in forma di vapori. Col mezzo poi della elettricità — di che diremo innanzi — possiamo riscaldare ogni sostanza al punto di trasformarla in vapore od in gaz.

Finora però non riuscimmo a raffreddare tutti i corpi abbastanza da ridurli solidi. Per esempio, l'alcole puro non lo si è potuto ancora solidificare col raffreddamento; tuttavia comprendiamo che ciò dipende soltanto dal non aver potuto produrre un freddo bastevole ad agghiacciare l'alcole. Intanto però con opportuni artifici di forti pressioni e di intensi raffreddamenti si è giunti in questi ultimi anni, non solo a liquefare, ma a render solidi tutti i gas, anche il più rado di tutti qual'è l'idrogeno (esp. 29°).

63. Ben avrete compreso che ciò che diciam

freddo, non significa altro che una sottrazione di calore. Un corpo freddo è un corpo che, non avendo molto calore, può toglierne da un altro, meno freddo di esso, ma che d'altra parte può dar calore ad un terzo corpo di esso più freddo.

Devo però avvertire che, nel giudicare della temperatura dei corpi, non bisogna lasciarsi guidare solo dal senso del tatto. Due corpi possono avere la stessa temperatura, a giudizio del termometro, eppure possono sembrarci l'uno più freddo dell'altro. Se ponete una mano per qualche tempo in acqua ben fredda e l'altra mano in acqua ben calda, e poi le immergete insieme in altra acqua, avente la temperatura ordinaria, questa vi sembrerà calda con una mano e fredda coll'altra.

Adunque in questi giudizi non debbesi prestar fede che al termometro, e convien pur ammettere che il freddo esprima niente altro che una diminuzione di calore.

64. Ritornando al nostro soggetto, diremo che tutti i corpi, quando siano abbastanza raffreddati, cioè spogliati a sufficienza del loro calore, assumer devono lo stato solido; e che qualora vengano abbastanza scaldati, si riducono liquidi, e che poi, con uno scaldamento ulteriore, possono tutti risolversi in forma di gas o di vapori.

Evvi però una grande differenza da sostanza a sostanza quanto alla facilità di ridurle liquide. Il ghiaccio si fonde a 0°; lo stagno ed il piombo devono essere scaldati oltre i 200° per liquefarli; il ferro è più difficile a fondersi che il piombo,

ed il platino è ancor più restio del ferro. Un corpo che presenti una grande difficoltà a fondersi è chiamato *refrattario*.

Nella tabella seguente esponiamo la temperatura per la quale si fondono alcune tra le più comuni sostanze.

Ghiaccio si fonde a	0°
Fosforo	44
Spermaceti	49
Solfo	110
Stagno	235
Piombo	325
Argento	954
Rame	1054
Oro	1035
Ferro	1600

Il platino è così restio a fondersi, che non sappiamo bene a qual temperatura esso il faccia. Il carbone è ancor più restio, poichè sin nelle fornaci più cocenti si mantien solido: e nessuno mai avrà udito che il carbone sia colato giù fuso attraverso la griglia delle fornaci.

Vedete però che, in opera del calore, si producono in tutti i corpi cambiamenti di stato affatto simili. Cosicchè possiam dire che tutti sarebbero solidi, come il ghiaccio, a temperatura bassissima, e tutti sarebbero gassosi, come il vapore, ad altissima temperatura. Infatti i cambiamenti che han luogo nei vari corpi son sempre della stessa forma, e, sotto questo aspetto, non possiamo far meglio di citare l'acqua, come tipo di tutte le altre cose. Perciò studieremo con cura

il contegno di questa sostanza sotto l'azione del calore, incominciando dallo stato solido, quando ci appare in forma di ghiaccio.

65. CALORE DI FUSIONE DEL GHIACCIO. — Con del ghiaccio minuto, raccolto all'aperto, in rigido verno, e quindi freddissimo, involgiam il bulbo del termometro (art. 53). Supponiamo che questo vi segni la temperatura di 10° al disotto del punto 0° . Rechiamo il tutto in una camera tiepida: la temperatura del ghiaccio andrà elevandosi, come in ogni altro corpo solido posto in simili circostanze, sino a giungere allo 0° . Ma, pervenuta a tal punto, la temperatura del ghiaccio si fermerà, e non passerà oltre, fintantochè rimarrà del ghiaccio solido di mezzo al liquido involgente il termometro.

Che fa dunque il calore il quale non può elevare la temperatura del ghiaccio al disopra di questo punto? Esso serve a fonderlo. Dianzi il calore era intieramente adoperato nell'elevare la temperatura del ghiaccio freddissimo; ma, quando questa temperatura raggiunge lo 0° , il calore incontra un ufficio diverso da compiere. Il suo potere è ora impiegato intieramente nel rendere liquido il ghiaccio, cioè allora il calore opera appunto come una *energia che produce un lavoro per isgruppare* le particelle del ghiaccio solido, e renderle scorrevoli facilmente le une su le altre, come lo sono nell'acqua. Talchè, sin quando il ghiaccio non siasi tutto fuso, l'acqua non oltrepasserà la temperatura di 0° . Pertanto l'acqua a 0° equivale al ghiaccio a 0° , coll'aggiunta di una quantità di calore, chiamata *calore di fu-*

sione del ghiaccio, ed anche *calore di liquidità dell'acqua*, la quale non agisce sul termometro.

Esperienza 42.^a — Voi potete provare questo fatto, ponendo una certa quantità di ghiaccio pesto in una tazza metallica, che scalderete su di una lampada, sicchè ancor vi resti non poco ghiaccio. Allora immergendo il termometro nell'acqua di fusione, la temperatura sarà tuttavia a 0° , come se ve lo aveste posto quando nel vaso v'era molto ghiaccio e pochissima acqua; poichè l'acqua prodotta dalla fusione del ghiaccio, si manterrà fredda quanto il ghiaccio non ancor fuso, benchè sovrapposta ad una viva fonte di calore.

66. CALORE DI VAPORIZZAZIONE DELL'ACQUA. — Ora che abbiamo mutato il ghiaccio in acqua, continuiamo a scaldare questa: la sua temperatura si eleverà gradatamente al modo consueto, come in tutti gli altri corpi, finchè essa raggiungerà il punto d'ebollizione, ossia 100° (supposta la pressione di 76 centimetri di mercurio), ma non più oltre.

Come vuolsi una notevole quantità di calore per convertire il ghiaccio, ridotto già al punto di sgelò, in acqua allo stesso punto, così vuolsi una grande quantità di calore perchè l'acqua, condotta al punto d'ebollizione, convertasi in vapore al punto medesimo. Ancor qui il calore si mostra efficace, come una *energia che produce il lavoro del disgregare* le particelle tuttora coerenti dell'acqua liquida, per ridurla alla forma gazona o di vapore. E perciò qui ancora siam condotti a dire: che il vapore a 100° equi-

vale all'acqua a 100°, coll'aggiunta di quella quantità di calore, che diciamo *calore di vaporizzazione dell'acqua*, oppure *calore d'elasticità del vapore*, il qual calore non agisce sul termometro.

Esperienza 43.^a — Per provar ciò, fate bollire dell'acqua in una boccia, e tenete la bolla del termometro ora entro il liquido bollente ed ora nel vapore che sta poco al disopra dell'acqua nella boccia stessa. Troverete che entrambi hanno la medesima temperatura; od in altre parole il vapore non è più caldo dell'acqua bollente.

Pertanto, come il ghiaccio richiede il calore di fusione per essere ridotto in acqua, così l'acqua richiede ancora il calore di vaporizzazione per essere mutata in vapore.

Ma più importa conoscere le quantità di calore necessarie a produrre questi effetti.

Ora, misurando il calore voluto a trasformare un chilogrammo di ghiaccio a 0° in acqua liquida, alla stessa temperatura, troviamo occorrerne quanto basta a scaldare di 1° chilogrammi 79 d'acqua, ossia richiedonsi 79 calorie. Ciò vogliamo significare, dicendo essere 79 le calorie di fusione del ghiaccio.

In simil modo si trovò che un chilogrammo d'acqua a 100°, per essere trasformato in vapore alla stessa temperatura, richiede 537 calorie, quante ne occorrono per iscaldare 537 chilogrammi d'acqua di 1°.

67. Bisogna dunque comunicare molta quantità di calore per fondere il ghiaccio, e quindi impiegare molto tempo per far ciò. Eppure è ben

meglio che la cosa vada così; poichè che mai accadrebbe se il ghiaccio al punto di fusione richiedesse solo qualche po' di calore per essere mutato in acqua liquida? Renderebbersi inabitabile gran parte del globo, perchè il ghiaccio delle alte montagne verrebbe in breve ridotto liquido, e l'acqua scorrerebbe giù in impetuosi torrenti capaci di inondare ogni cosa innanzi a loro, e vaste estensioni di terreno sarebbero trascinate sotto alle acque.

Similmente è ben meglio per noi che vogliasi molto calore per convertire in vapore l'acqua al punto d'ebollizione, poiche se poco o punto fossero le calorie di vaporizzazione dell'acqua, facilmente avremmo delle esplosioni in ogni coga da caffè o da thè, ed in ogni vaso bollitore, non appena che il fuoco fosse molto vivo, nel soverchiare la temperatura d'ebollizione; e la macchina a vapore diventerebbe quasi impossibile.

68. Vedeste poc'anzi che il vapore è un fluido simile all'aria, e nel libretto d'*Introduzione* imparaste che il vero vapore non è punto visibile. Quando l'acqua bolle rapidamente in una caldaia, non potete vedere le parti sottilissime del vapore nel punto in cui escono dalla caldaia, ma poco al di sopra vedete bensì una specie di nebbia. Similmente quando una locomotiva manda fuori il suo vapore, non è subito visibile ciò che esce fuori del tubo, ma soltanto ad una piccola altezza vedete una nube. Ora questa cosa invisibile, quale prima sorge dall'acqua bollente, è il vero vapore, e la nube visibile che si forma

al disopra, consiste solo in piccolissime gocce di acqua, prodotte dal vapore che si raffredda, e non è dunque vapore ma acqua. Il vero vapore è invisibile come l'aria ed ogni altro gas; e ciò che diciam *vapore visibile*, qual è quello che forma la nebbia e le nubi, è un mero ammasso di finissime goccioline d'acqua, diffuso nell'aria.

69. EBOLLIZIONE ED EVAPORAZIONE. — Ciò che ora vi dissi sulla invisibilità del vapore che esce dalla caldaia, punto non intendeva a significare che nessun vapore escisse dalla caldaia stessa; essendo ciò contrario al fatto. Così tutti sapete che una tazza d'acqua, posta sul fuoco, manda fuori vapore innanzi di cominciare a bollire; e senza dubbio sapete altresì che ogni cosa umida o pregna di acqua, in prossimità del fuoco, diventa asciutta, cioè l'acqua esce da essa in forma di vapore.

Ora quando il vapore viene emesso dall'acqua che non bolle, il fatto è chiamato *evaporazione*, e dicesi *ebollizione* quando invece l'acqua bolle.

La differenza è sol questa. Quando scaldate l'acqua sovra il fuoco il calore ha due cose da fare. In primo luogo esso scalda l'acqua, ed in secondo luogo evapora una parte del liquido. Laddove, quando la temperatura dell'acqua è giunta a 100° od al punto di ebollizione, l'acqua non può essere scaldata più oltre, e quindi tutta la energia del fuoco è spesa ora nel convertire l'acqua in vapore. E questo vapore sfugge allora, non solo dalla superficie dell'acqua, ma ancora dal fondo; cosicchè sentiamo un particolar

rumore, chiamato bollimento, prodotto dalle bolle di vapore che, sollevando l'acqua e sfuggendo poi nell'aria, lascian ricadere ogni tratto l'acqua stessa a percuotere il fondo del vaso.

70. IL PUNTO DI EBOLLIZIONE DIPENDE DALLA PRESSIONE. — Più sopra (art. 58) vi dissi che la temperatura alla quale bolle l'acqua non è tanto fissa, quanto il punto di sgelo del ghiaccio. Se la pressione dell'aria diminuisce, l'acqua bolle al disopra di 100°. Rammenterete che la pressione dell'aria, come dissi, è minore alla cima di un alto monte che al fondo, perchè lassù avete una minore altezza di aria sovrastante, e quindi un minor peso ed una minor pressione (art. 38).

Sulla cima del monte Bianco in Isvizzera, alta circa 4800 metri, l'acqua bolle non appena che sia scaldata a 85°. E se un viaggiatore volesse tentare di cuocere un uovo in una pentola sulla vetta di quel monte, potrebbe farlo bollire di molto, ma non vi riuscirebbe, poichè la temperatura di 85° non è sufficiente a farlo indurire. D'altra parte, se facciam bollire l'acqua al basso di una profonda miniera, il punto di ebollizione risulta superiore a 100°.

Esperienza 44.^a — Col seguente esperimento vedrete facilmente che la temperatura di ebollizione dell'acqua dipende dalla pressione del gas e dell'aria sovra la di lei superficie. Prendete un fiasco di vetro, ed empitelo solo per metà di acqua, e lasciatelo bollire per alcun tempo, sicchè il vapore, cacciando fuori tutta l'aria dalla parte superiore del fiasco, rimarrà in questo soltanto acqua e vapore d'acqua. Ora, chiuso il

flasco con tappo, ritirate la lampada, e capovolgete il flasco stesso, come nella figura 26^a. Quando d'esso abbia cessato di bollire, prendete una spugna inzuppata di acqua fredda e bagnate con

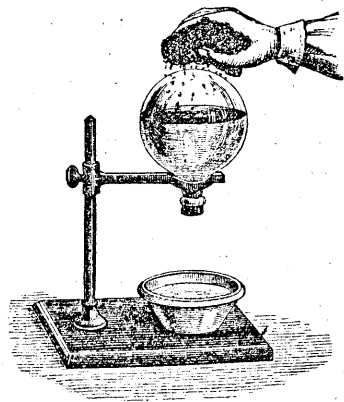


Fig. 26.

essa la parte superiore del flasco. L'acqua bollerà di nuovo. Ciò accade perchè l'acqua fredda versata sul flasco farà condensare per entro una notevole quantità di vapore, diminuendo così la pressione da esso esercitata sull'acqua, e quindi l'acqua bollerà più facilmente, come farebbe sotto una pressione più bassa.

71. **VARIAZIONE DI VOLUME.** — Però credo opportuno l'aggiungere che alcuni corpi nell'atto di fondersi, od in genere nel passare dallo stato solido al liquido, si espandono, mentre altri si contraggono.

Esperienza 45.^a — Eccovi un po' di ghiaccio, il quale essendo meno denso dell'acqua galleggia su di essa, come vedete. Bisogna dire adunque che il ghiaccio, nel ridursi liquido, subisce una notevole contrazione, e che l'acqua, passando allo stato solido, cioè agghiacciandosi, subisce una notevole espansione. Questa espansione si effettua con gran forza. Così una palla cava di ferro a grosse pareti, empita di acqua e serrata fortemente con una vite o con una chiave, potrà essere spezzata dall'acqua, nell'atto in cui questa si agghiacciasse.

Il ferraccio nel fondersi si contrae, al pari del ghiaccio, ovvero esso si espande, come l'acqua, quando si solidifica. Perciò, ove il ferro liquido venga versato in uno stampo, quand'esso si solidifica, espandendosi, riempie tutti gli incavi dello stampo, e può quindi presentare i rilievi corrispondenti, cavandonelo fuori.

Invece l'oro, l'argento ed il rame si espandono nel fondersi, e si contraggono nel solidarsi; quindi essi non si presteranno, come il ferro, a riempire gli incavi di uno stampo. Perciò la coniazione delle monete con questi metalli non può farsi col versarli fusi in uno stampo; ma bisogna stamparli solidi con appositi conii, che vengono compressi fortemente contro le loro opposte faccie.

72. Tutte le sostanze si espandono poi, e grandemente, quando si convertono in gas o vapori. Così un litro di acqua al punto di ebollizione, trasformandosi in vapore alla temperatura stessa, presenta un volume di circa 1700 litri, cioè di un metro cubo e due terzi all'incirca.

Ed è appunto per questa grande espansione prodotta dall'acqua nel vaporizzarsi, che può riuscire efficace assai la macchina a vapore. E questa espansione è provocata nell'acqua del calore che vuoi comunicarle per vaporizzarla (art. 67).

73. ALTRI EFFETTI DEL CALORE. — Vedeste più sopra che il calore fa espandere o dilatare i corpi nell'atto in cui questi aumentano di temperatura; e che inoltre esso vale a produrre i cambiamenti di stato, trasformando i solidi in liquidi, ed i liquidi in vapori. E vedete pure che il calore è una forza assai poderosa, da che una robusta e salda verga di ferro può ridursi in una massa incandescente e pastosa, e se vien più oltre scaldata, può risolversi in forma di gas.

Il calore però agisce sui corpi in molt'altre maniere. Specialmente esso promuove le azioni dell'attrazione chimica. Così, a bassa temperatura, il carbone non si combina coll'ossigeno dell'aria, e possiamo conservarlo per gran tempo in un magazzino. Ma, quando il carbone è molto caldo, questa combinazione coll'ossigeno si effettua, e siccome codesta combinazione, alla sua volta produce calore, il processo di combinazione procede rapidamente, ed il carbone abbrucia.

Similmente nella esperienza citata nei *Principi di Chimica* (art. 6), nella quale il solfo ed il rame si uniscono insieme, il calore è dapprima applicato, per mezzo di una lampada, a promuovere la combinazione; ma, quando questa incomincia, producendosi calore dai corpi stessi, la combinazione progredisce da sè, senza richiedere più altro calore dalla lampada.

74. MISCELE FRIGORIFERE. — In generale la unione di due corpi di diversa natura produce calore, come vi fu detto nei *Principi di Chimica* (art. 7). Nondimeno talvolta due sostanze, che pur tendono a formare una soluzione, nel mescolarle, producono freddo anzi che calore. Così il sal comune e la neve formano una soluzione; ma, in tale atto, producono un freddo notevole, ossia, a dir meglio, assorbono una notevole quantità di calore.

Esperienza 46.^a — Per dimostrare ciò, mescoliamo insieme rapidamente un po' di ghiaccio o di neve ed un po' di sale, e poniamo nella miscela il bulbo del nostro termometro. Ben presto il mercurio scenderà al disotto dello 0° di non pochi gradi, e vi si terrà per alcun tempo, mostrando così che la miscela, la quale man mano va producendosi, risulta più fredda del ghiaccio fondentesi.

Ma qual è la ragione di questo fatto? Troviamo che in esso le due sostanze mescolate, che eran solide, ci danno una sola miscela liquida, qual è l'acqua salsa. Ora vedemmo che, quando i corpi passano dallo stato solido al liquido, come quando il ghiaccio si scioglie (articolo 60), richiedesi il calore per compire il lavoro di liquefazione. Pertanto, nel caso presente, una parte del calore della neve e del sale si adopera a rendere sciolte e fluide le loro molecole, e quindi avremo un liquido freddo per risultato della unione dei due corpi solidi.

Laonde, quando due solidi si sciolgono l'un l'altro, avremo il più spesso un notevole abbas-

samento di temperatura, ossia molto calore sarà impiegato per render liquide le loro particelle. Tali corpi si dicono formare una *miscela frigorifera*.

75. FREDDO PRODOTTO DA EVAPORAZIONE. — In simil modo, quando un liquido evapora, accadrà in esso un sensibile raffreddamento, a cagione del calore necessario a produrre il lavoro di vaporizzazione (art. 66). Così se versate qualche goccia di alcoole sulla vostra mano, presto la sentirete fredda, la dove quelle gocce, rapidamente involandosi in forma di vapore, toglieranno alla mano non poco calore.

Esperienza 47.^a — Prendete un termometro (art. 56) ed involgetene il bulbo con mussolina o con carta bibula a due o tre doppi. Immergendo poi questo bulbo così coperto nell'acqua, ed estraendone, vedrete che si raffredderà in breve, tanto che il termometro si ridurrà a segnare 3 a 4 gradi, e talora persino 8 a 9 gradi meno della temperatura dell'aria ambiente. Se invece si bagnerà codesto bulbo nell'alcoole (spirito di vino rettificato), coll'estrarnelo si avrà, e più rapidamente, un raffreddamento molto maggiore.

Anche coll'affrettare l'evaporazione di un liquido, per sè poco vaporabile, si possono produrre temperature molto basse. Prendiamo lo stesso termometro dell'esperienza precedente, col bulbo bene inzuppato d'acqua e collocatolo sotto la campana della macchina pneumatica, caviamone l'aria. Questa col diradarsi diminuisce di molto la pressione sull'acqua, la quale perciò

evapora rapidamente, e quindi una gran quantità di calore venendo adoperata a produrre questa vaporizzazione, il liquido residuo può raffreddarsi al punto da agghiacciare. Anzi, eseguendo con cura quest'esperienza, può vedersi che l'acqua, innanzi di ridursi solida, si riduce da 4 a 5 gradi al disotto dello zero del termometro: ma tosto che l'acqua agghiaccia, si scalda alcun po' per ridursi a zero; giacchè in tal caso l'acqua rendendosi solida, emette una parte del calore di liquidità (art. 65).

76. DISTRIBUZIONE DEL CALORE. — Passiamo ora ad altra parte del nostro argomento, e consideriamo la tendenza che il calore dimostra per distribuirsi.

Un corpo caldo non rimane sempre caldo, ma una parte del suo calore passa nei corpi più freddi che gli stanno intorno. Anzi esso s'adopera sempre per far ciò; ma lo può fare in diversi modi, secondo le circostanze.

Esperienza 48.^a — Ad esempio poniamo nel fuoco l'estremo di una verga di ferro. Il calore del fuoco, passerà in parte nella verga che lo tocca, e di poi passerà mano mano pel lungo di essa, sino all'altro estremo più lontano dal fuoco; cosicchè dopo alcun tempo, troverete che non la si può più toccare. Questo passaggio del calore lungo la verga è chiamato *conduzione del calore*.

Esperienza 49.^a — Prendiamo ora un fiasco, pieno per due terzi di acqua, e poniamovi al disotto una lampada. Siccome le particelle dell'acqua, che stanno al fondo, scaldandosi si espan-

dono, diventeranno anche più leggiere, cioè meno dense, e per conseguenza saliranno verso la sommità del liquido, per la stessa ragione per cui il sughero s'alza nell'acqua, e saranno quindi mano mano rimpiazzate da altre particelle, più fredde e più dense che non tarderanno a scendere. Laonde nuove particelle saranno, ad ogni tratto, assoggettate al calore della lampada, ed avremo un continuo muoversi di parti calde ascendenti e di parti fredde discendenti; ed intanto tutta l'acqua andrà scaldandosi man mano, e potrà anche esserlo sino alla ebollizione (vedi avanti pag. 109). Questo processo è chiamato *convezione del calore*.

Per nessuno di questi processi però il calore del sole può giungere sino a noi. Poichè tanto nella conduzione, quanto nella convezione, il calore è trasportato col mezzo delle particelle di un solido o di un liquido; e noi abbiam ragione per credere che non sianvi di sì fatte particelle per tutto lo spazio che corre tra noi ed il sole, mentre sappiamo che la luce ed il calore del sole impiegano appena otto minuti circa per venire a noi dal sole, collocato a una distanza di circa 153 milioni di chilometri. Evidentemente adunque il calore solare, muovendosi con una immensa velocità, non potrebbe esserci condotto da particelle trasferentisi dal sole a noi. E nemmeno lo è dalle particelle interposte poichè vediamo che, in una giornata freddissima, quando l'aria e tutte le cose che ci circondano sono del pari estremamente fredde, i raggi del sole ci si mostrano tuttavia molto efficaci. Quindi il pro-

cesso col quale il calore passa dal sole a noi ed agli altri corpi freddi, è chiamato *radiazione del calore*.

Abbiamo così tre modi diversi coi quali i corpi caldi comunicano il loro calore ai freddi, cioè *conduzione, convezione e radiazione*. Consideriamo ora più in particolare ciascuno di questi modi.

77. CONDUZIONE DEL CALORE. — Poco sopra dicemmo come una verga posta nel fuoco si scaldi sino all'estremo, così da non poterla tenere. Ma, se invece di un'asta di metallo, si pone similmente nel fuoco una verga di legno secco, di vetro o di terra cotta, di eguale lunghezza, l'estremo di essa non diventerà molto caldo, perchè il vetro e le terraglie non conducono il calore così facilmente come i metalli.

Anche i peli e le penne sono sostanze che mal conducono il calore, e appunto di queste sostanze vennero provvisti da natura, a forma di vestimento, moltissimi animali. Poichè la temperatura di un animale è in generale superiore a quella dei corpi che lo circondano, e quindi il calore non è prestamente condotto fuori attraverso le pelliccie o le piume, delle quali è coperto l'animale. Così, volendosi conservare il calore entro le caldaie delle macchine, le si cingono con involucri di materia non conduttrice.

Un corpo cattivo conduttore può adoperarsi, non solo per conservare il calore *interno* di un altro, ma ancora per preservarlo dal calore *esterno*. Per esempio, la flanella è adoperata per cingere il nostro corpo all'uopo di conservare il

calor nostro: ma la si adopera anche per cingere un pezzo di ghiaccio, che vuolsi preservare dal calore esterno. Infatti il calore non passa facilmente attraverso la flanella, tanto che esso debba procedere dal di dentro al di fuori, quanto che dal di fuori all'indentro.

Esperienza 50.^a — Riesce agevole il mostrarvi che le diverse sostanze hanno un differente *potere conduttivo* pel calore. Vedete qui, come nella figura 27.^a, due aste, l'una di rame e l'altra di

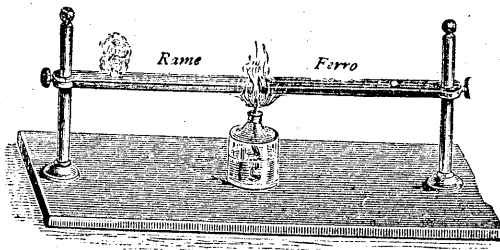


Fig. 27.

ferro, i cui capi, da una banda, sono uniti tra loro e vengono insieme scaldati da una lampada. Dopochè questa arderà da alcun tempo, prendete due palline di fiammiferi che contengono del fosforo, ed una ponetela dalla banda dov'è l'asta di rame, a qualche distanza dalla fiamma, l'altra sull'asta di ferro, alla medesima distanza della lampada. La prima pallina s'accenderà da sè quasi subito, l'altra invece o non prenderà fuoco, oppure tarderà di molto. Il che ci mostra che il calore della lampada vien condotto più efficacemente lungo il rame che non lungo l'asta di ferro.

La conduzione del calore spiega l'azione della lampada di sicurezza immaginata da Onofrio Davy a vantaggio dei minatori. Ma questa lampada, tanto usitata, vi fu già pienamente descritta nei *Principi di Chimica* (art. 41).

78. CONVESSIONE DEL CALORE. *Esperienza 51.^a* — Abbiasi un vaso pieno d'acqua, e pongasi a galleggiare sulla sua superficie un vasetto con entro olio bollente. Trovasi che il calor dell'olio

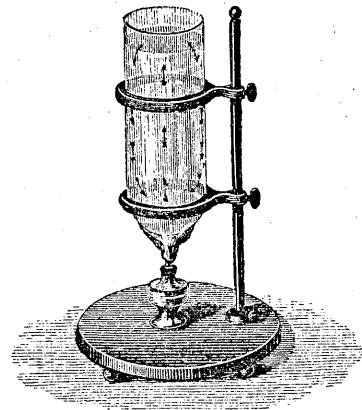


Fig. 28.

si propaga con estrema lentezza all'ingiù attraverso il liquido, tantochè, a pochi centimetri al disotto del vasetto, l'aumento di temperatura sarà appena sensibile. Ma, se invece di scaldare il vaso d'acqua dall'alto, lo scaldaremo, come nella figura, dal fondo di esso, potremo ridurre l'acqua a bollire. Infatti come abbiain osservato

poco sopra (pag. 106), le particelle calde e meno dense si innalzeranno e saranno surrogate da quelle fredde e dense, cosicchè avremo una circolazione continua, costituita, come lo dimostrano le frecce segnate nella figura, da una corrente di acqua calda ascendente nel mezzo del vaso, e da tante correnti di acqua fredda discendente in prossimità delle pareti.

La natura ci offre parecchi buoni esempi di convezione. Ad esempio, in un lago, che si raffredda alla superficie per causa di rigida stagione, le particelle superficiali sono le prime raffreddate, e come più pesanti scenderanno giù, e saranno sostituite da particelle calde e meno dense provenienti dal fondo; cosicchè, in un certo lasso di tempo, tutto quel corpo d'acqua andrà raffreddandosi, sino a scendere alla temperatura di 4° al disopra del punto di sgelò. Ora, raggiunta questa temperatura, l'acqua a differenza degli altri corpi, per un ulteriore raffreddamento, invece di contrarsi, si dilata, e quando il ghiaccio si forma, esso galleggia alla superficie essendo meno denso dell'acqua (esp. 45.^a). Ebbene, se il ghiaccio fosse più denso dell'acqua, esso cadrebbe al fondo mano mano che formerebbesi, e la superficie del lago restando sempre esposta al raffreddamento, tutta l'acqua del lago in un tempo più o meno lungo, diventerebbe una massa di ghiaccio. Ma le cose vanno altrimenti, cioè pel dilatarsi dell'acqua che si raffredda al disotto dei 4°, questa galleggerà su la più calda, ed il freddo esterno potrà soltanto agghiacciare qualche strato d'acqua contiguo alla superficie, e ciò

con molta lentezza, essendo il ghiaccio un ben cattivo conduttore del calore. Per modo che non c'è pericolo di vedere interamente gelato un lago.

Anche nell'aria abbiamo efficaci correnti di convezione dovute allo scaldamento; e ciò a quel modo che l'aria calda del fuoco d'un camino s'innalza su per la canna, venendo surrogata dall'aria fredda della camera. Abbiamo questa stessa cosa, su ampia scala, nel sistema dei venti.

Da quella regione della terra che dicesi zona equatoriale, dove il sole è più efficace, l'aria scaldata si leva verso l'alto dell'atmosfera, e quest'aria è allora surrogata da altra aria fredda e greve, che scorre lungo la superficie del globo, proveniente dalle regioni polari che sono le più fredde. Abbiamo così all'equatore un sistema di correnti ascendenti, che trasportano l'aria calda verso i poli nell'alto dell'atmosfera, ed abbiamo correnti basse lungo la superficie della terra, le quali trasportano quest'aria raffreddata all'equatore. Questo sistema di correnti atmosferiche dà ragione de' così detti *venti alisei*.

79. CALORE RADIANTE E LUCE. — Un terzo modo con cui un corpo caldo distribuisce il suo calore è quello della radiazione ed è per esso che il calor solare giunge alla terra (pag. 105). Ma non abbiamo bisogno di andar così lontano per trovare un esempio di questo modo d'azione. Se ci poniamo dirimpetto ad un gran fuoco, noi sentiamo che gli occhi nostri e la nostra faccia soffrono per il calore, che irradia dal fuoco stesso. Anche una pentola contenente acqua molto

calda manda fuori calor radiante, sebbene i raggi di calore non possano in tal caso percepirsi cogli occhi, cioè produrre in noi la sensazione di luce, come fanno i raggi provenienti dal fuoco e dal sole.

Può aver luogo qualche cosa di simile, quando vi facciate a scaldare gradatamente più e più un corpo, come una palla d'argilla. Il corpo, dapprincipio, non fa che elevare grado a grado la sua temperatura, e perciò ci manda pure raggi di calore; ma questi sono oscuri e non agiscono sulla vista. Col progredire dello scaldamento, una parte dei raggi che il corpo stesso ci invia, comincia ad agire sull'organo della vista, ed il corpo divien rovente, cioè piglia un color rosso cupo; in seguito acquista il color giallo, poscia il color bianco, ed infine esso risplende di una luce così viva, da somigliare al sole, e questo accade con qualsiasi pietra o metallo che non si fonda a bassa temperatura. Concedetemi di occuparci per poco di questi raggi luminosi, che emanano da un corpo caldissimo.

80. VELOCITÀ DELLA LUCE. — Römer, astronomo danese, fu il primo a determinare la velocità colla quale la luce percorre gli spazi. Per intendere come ciò possa farsi, rammentatevi quanto ha luogo allorchè si esplose in distanza un'arma da fuoco. Vediamo la fiamma e dopo pochi secondi udiamo il colpo (art. 50). Evidentemente, da che il suono non può raggiungere l'orecchio nello stesso momento in cui l'arma prende fuoco, convien dire che il suono rimase addietro della luce. Ma la luce giunger può a

noi nello stesso istante? Potrebbe essere che la luce e suono partissero dal cannone nello stesso momento, ed impiegassero ciascuno alcun tempo per giungere a noi, e che però la luce vincesse la corsa, camminando più rapida. Però, a poter determinare la misura di velocità così grandi, bisogna poter giovarsi di distanze stragrandi. Perciò questo punto può soltanto esser risolto con osservazioni od esperienze astronomiche, oppure con artifici assai complessi: e fu Römer che riuscì a trovarle. Uno dei più grandi pianeti, chiamato Giove, talora è molto lontano da noi, e talora è relativamente vicino. Questo gran pianeta ha parecchi satelliti o piccoli seguaci, i quali girano intorno ad esso, come fa la luna a girare attorno la terra. Uno di questi satelliti di Giove passa sul disco o sulla superficie apparente del pianeta ad intervalli regolari di tempo, cioè, usando un potente telescopio, possiamo vedere il piccolo satellite, simile ad un punto nero passar sopra il disco di Giove e produrvi una specie di eclisse. Ora Römer trovò che l'intervallo di tempo tra due successivi passaggi va mano mano aumentando quando Giove va allontanandosi dalla terra, ed invece codesto tempo vien diminuendo grado grado che Giove si avvicina alla terra. Römer argomentò che queste differenze provenissero dai diversi spazi percorsi dalla luce che viene a noi, secondo le diverse distanze di Giove, e che perciò la luce sua impiega diversi tempi per giungere alla terra, in proporzione delle diverse distanze.

Vedete quindi che la luce, al pari del suono, richiede tempo per camminare, fuorchè la luce cammina più rapida del suono. In un minuto secondo la luce corre l'enorme spazio di circa 300 mila chilometri, mentre il suono nel tempo stesso percorre solo un terzo di chilometro (metri 333). Quindi è che la luce del sole in circa 8 minuti primi, misura la distanza di 153 milioni di chilometri; epperò, qualora, per ipotesi il sole repentinamente si estinguesse, noi ci accorgeremmo di ciò soltanto 8 minuti dopo.

Nondimeno non possiamo credere che la luce consista in sottili particelle messe fuori dai corpi caldi e scorrenti lo spazio coll'enorme velocità di 300 mila chilometri al secondo. Se tale fosse il caso, noi saremmo colpiti violentemente dai raggi di luce. Invece può supporre che un raggio di luce entri nell'occhio allo stesso modo con cui il suono entra nell'orecchio. Abbiam già spiegato che quando udiamo il colpo di un cannone non significa che alcune piccole particelle d'aria abbian trascorso tutto lo spazio, che separa il cannone dall'orecchio. Similmente quando riceviamo la sensazione di un raggio di luce, non significa che alcune particelle siano lanciate fuori e che esse medesime giungano dal corpo luminoso sino al nostro orecchio. Può credersi invece che una serie rapidissima di vibrazioni o di onde si propaghi attraverso il mezzo che sta fra noi e questi corpi, e che le singole sue pulsazioni siano comunicate da particella a particella, al modo esposto nell'esperimento fatto colle palle d'avorio (esp. 35).

81. RIFLESSIONE DELLA LUCE. — Quando la luce batte sulla superficie pulita di un metallo vien da essa riflessa. Collocando una candela accesa dinanzi ad uno specchio e guardando in questo, vi apparirà l'immagine della candela nello specchio stesso. Ciò significa che i raggi della fiamma battono sullo specchio e sono da questo riflessi verso i nostri occhi, appunto come se essi venissero dallo specchio, e non già dalla candela.

Esperienza 52.^a — Per meglio chiarire come si produca la riflessione, prendiamo una superficie metallica orizzontale e ben pulita, quale può

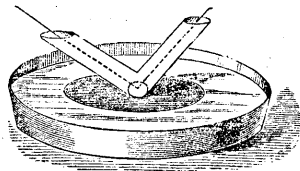


Fig. 29.

aversi versando del mercurio in un vaso basso, a fondo piatto. Disponiamo poi un tubo, piegato ad angolo ed aperto al fondo ed agli estremi, nel modo che appare dalla fig.^a 29, e facciamo entrare nel tubo la luce d'una candela dall'apertura superiore di destra: ponendo l'occhio all'apertura di sinistra, vedremo la luce della candela, in quanto viene riflessa dalla superficie del mercurio.

In questa esperienza adunque la luce della candela discende per uno dei rami del tubo pie-

gato, batte sulla superficie del mercurio ed ascende all'occhio per l'altro ramo del tubo stesso. Ma perchè la luce possa far ciò, necessitano due cose: in primo luogo gli assi dei due tubi devono trovarsi *in uno stesso piano*, cosicchè, ove fossero proiettati sulla superficie del mercurio, dovrebbero trovarsi in linea retta.

Pertanto ogniquivolta un raggio di luce cade su una superficie pulita, il raggio riflesso si eleva da questa colla medesima inclinazione colla quale il raggio incidente cadde su di essa, e le direzioni dei due raggi si trovano in un medesimo piano.

Voi non potete intendere completamente le leggi della riflessione senza l'aiuto della geometria; ma la figura seguente vi capaciterà forse

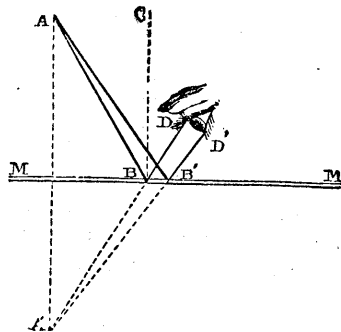


Fig. 30.

ad intenderne qualche cosa. A rappresenta nella figura un punto luminoso, che manda raggi di luce verso lo specchio *MM*. Sieno *AB* ed *AB'*

due di questi raggi, provenienti da *A* ed incidenti nei punti *B* e *B'* dello specchio. Questi raggi sorgeranno verso l'occhio dell'osservatore nelle direzioni *BD* e *B'D'*, tali che gli angoli formati da raggi riflessi *BD* e *B'D'*, collo specchio eguagliano quelli formati con esso dai rispettivi raggi incidenti *AB* ed *AB'*. Ora, immaginando prolungate al di là dello specchio le direzioni dei due raggi *BD* e *B'D'*, esse si incontreranno nel punto *A'*, il quale si trova al disotto dello specchio di tanto quanto il punto *A* ne sta al di sopra. Quindi, all'occhio, i due raggi riflessi appariranno procedere dal punto *A'*, ossia la posizione apparente dell'immagine riflessa *A'* si troverà al di là dello specchio di quanto il punto luminoso ne è al di quà.

Laonde, stando voi di contro ad uno specchio, vedrete la vostra immagine, come se fosse al di là dello specchio dall'altra banda e di fronte a voi. Se vi avvicinerete allo specchio, la figura riflessa verrà pure avvicinandosi ad esso; se invece ve ne discosterete, anche l'immagine riflessa se ne discosterà; e così via. Però conviene che badiate pure ad una differenza, a questa segnatamente che la vostra mano destra apparisce la mano sinistra dell'immagine e che *il vostro fianco destro riesce il fianco sinistro dell'immagine stessa*. Ma per ogni altro riguardo l'immagine vostra sarà una copia fedele di voi stessi.

Nella figura 31.^a vedete nella parte inferiore l'immagine della parte superiore prodotta dallo specchio *MM*, e vedete pure che nella immagine le lettere procedono da destra a sinistra e non da sinistra a destra.

Quando la superficie riflettente non è piana si producono talora alcune immagini molto curiose. Per esempio, prendete la superficie brillante del mercurio contenuto nel bulbo del termometro, e

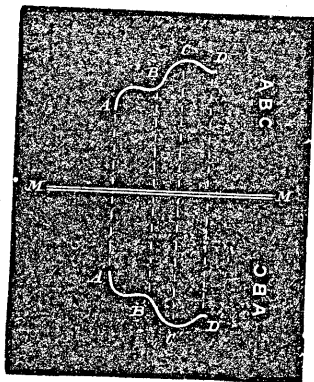


Fig. 31.

guardate verso di essa: vedrete una immagine piccola e contorta di voi stessi, ed anche di tutto ciò che sta nella camera dietro di voi, fuorchè diventeranno eccessivamente piccole le distanze fra le diverse parti della camera.

Prendete poi una coppia di specchi concavi ben puliti, simili a quelli della figura 22.^a Fuorchè, invece di porre un orologio nel fuoco di uno specchio e l'orecchio nel fuoco dell'altro, ponete in uno dei fuochi una palla rovente e la vostra mano nell'altro, che tosto la sentirete troppo calda. Anzi ponendo nel fuoco dell'uno una viva fiamma si potrà accendere un pezzo

di essa o di carta, posto nel fuoco dell'altro, sebbene i due specchi stieno alla distanza fra loro di parecchi metri. La ragione di questo fatto sta in ciò che i raggi di calore, che partono dalla fiamma e battono sullo specchio vicino ad esso, vengono riflessi secondo linee parallele e diretti all'altro specchio, e quando lo abbiano incontrato vengono da questo riflessi in direzioni convergenti verso il suo fuoco. Qui abbiamo ancora la fiamma nell'un fuoco e l'immagine di essa nell'altro, e questa immagine è abbastanza calda da incendiare un corpo. E ciò conferma chiaramente che il calore si propaga anche per radiazione come si disse all'art. 80.

82. INFLESSIONE O RIFRAZIONE DELLA LUCE. *Esperienza 53.^a* — Ponete un piccolo corpo pesante sul fondo di un vaso di terraglia o di metallo, e ponete il vostro occhio in tal posto, che le pareti del vaso coprano interamente la vista di quel corpo; allora, versando acqua nel vaso, sino ad empirlo, il corpo che sta nel fondo vi si renderà visibile. Che accade mai? I raggi di luce di quell'oggetto, che attraversano l'acqua, giungendo alla superficie di questa, ne emergono inflessi, cioè con una direzione diversa da quella, che avevano entro l'acqua: cosicchè voi potrete vederli anche nell'interno dell'angolo formato dalla retta visuale toccante il labbro superiore della parete colla superficie dell'acqua. E se, per avventura, il piccolo corpo, situato sul fondo del vaso, fosse un pesce, questo potrebbe veder voi.

Da ciò si scorge che un raggio obliquo di luce,

incontrando la superficie dell'acqua, si riflette così da sembrare meno obliquo, penetrato che sia nell'acqua. Ed all'incontro un raggio di luce obliqua, uscendo fuori dall'acqua, si inflette così da apparire più obliquo, passato che sia nell'aria. La stessa cosa accadrebbe ove il raggio di luce penetrasse in un vetro od in altro corpo trasparente, cioè ancora un raggio obliquo sembrerebbe meno inclinato dopo essere entrato nel vetro.

Con una lastra piana di vetro di qualche grossezza, un raggio di luce seguirebbe il cammino

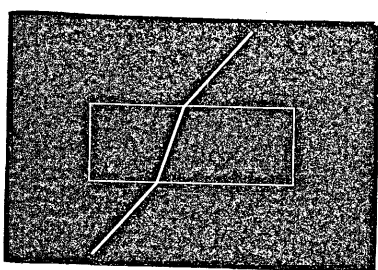


Fig. 32.

indicato dalla fig. 32^a. Qui vedete che esso si piega nell'atto di entrare nella lastra, e si piega ancor dopo nell'atto di escirne; tuttavia queste due inflessioni essendo eguali e di opposto verso, la direzione del raggio emergente riesce parallela a quella del raggio incidente sulla lastra; laddove il cammino fatto dal raggio nell'interno di questa tiene una direzione differente.

Supponiamo ora che il pezzo di vetro non sia

piano ma foggiato a guisa di un cuneo, e che esso stia con uno spigolo volto all'insù e con una sua faccia posata su un piano orizzontale, cosicchè, guardato dall'alto, presenti l'apparenza della fig. 34^a. Un tal pezzo di vetro è chiamato un *prisma*.

Dalla figura 33^a vedete in che modo un rag-

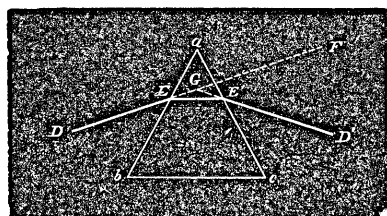


Fig. 33.

gio di luce DE vien piegato nell'entrare e nell'uscire dal prisma, e come il raggio $E'D'$ che esce dal prisma venga piegato verso la parte più grossa, ossia verso la base bc del prisma, mutando quindi di direzione rispetto a quella del raggio che giunge su una delle faccie laterali del prisma stesso.

E così sempre accade che un raggio luminoso attraversando un prisma di vetro vien deviato verso la parte più grossa di esso, cioè verso la sua base.

83. LENTI; IMMAGINI DATE DA ESSE. — Mutiamo ancora la forma del pezzo di vetro nel modo se-

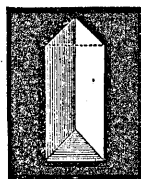


Fig. 34.

guente. Prendiamo un vetro circolare, simile ad una torta, fuorchè nel mezzo sia più grosso, e sottile tutto all'intorno: per modo che, vedendolo di fronte, vi presenti la figura di un cerchio, e guardandolo di fianco, cioè per la costola, presenti una forma simile a quella della fig. 35.^a

Un pezzo di vetro così foggiato chiamasi *lente biconvessa*.

Dirigendo su una lente un fascio di raggi luminosi, provenienti da lontano e tra loro paralleli, la lente agirà come un cuneo circolare, pel quale la maggior grossezza essendo nel mezzo



Fig. 35.

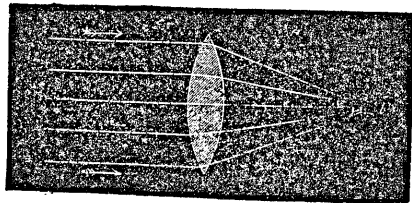


Fig. 36.

i raggi luminosi, da tutto all'intorno, saranno piegati verso il mezzo della lente, e quindi concorreranno in un punto o pressochè in un punto *F*, siccome si scorge dalla figura 36.^a

Ora, supponiamo di esporre una lente allo splendore del sole. I raggi solari che battono sopra una sua faccia, uscendo dall'altra parte della lente, si troveranno tutti così piegati, da convergere ad un unico punto, o piuttosto in alcuni punti prossimi ad esso. Tanto che, po-

nendo un foglio di carta in tal punto, vedrete là una piccola immagine splendente del sole, la quale diverrà così calda da metter fuoco nel foglio di carta. E appunto una lente biconvessa può adoperarsi come un mezzo per abbruciare i corpi.

Esperienza 54.^a — Una tal lente darà un'immagine d'ogni altro oggetto in pari modo che diede quella del sole. Eccovi, ad esempio, un apparecchio (fig. 37^a) col quale i raggi luminosi di

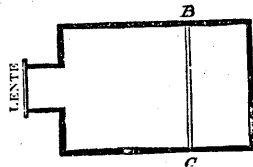


Fig. 37.

una candela, avviati su di una lente, e di poi sopra un foglio di carta bagnata d'olio e posto dall'altra banda della lente, danno una immagine della candela, la quale però vi appare capovolta. Similmente, ponendo qualunque altro oggetto, purchè sia illuminato, di fronte alla lente ed a qualche distanza da essa, avrete su la carta una piccola immagine dall'altra parte della lente.

Ebbene, è precisamente così che fa il fotografo. Egli possiede una cassetta nera munita d'una lente da un lato, come vedete nella figura 37^a; dirige la lente verso il paesaggio o verso la persona, di cui vuol prendere una piccola immagine di queste cose, la quale è dapprima fatta cadere

su di una lastra di vetro, che gli permette di vedere se l'apparecchio sia ben diretto. Toglie poi questa lastra, e pone a suo luogo altra lamina di vetro, avente la superficie coperta da una particolare sostanza, sulla quale agisce la luce. Quindi l'immagine dell'oggetto, cadendo ora su questa sostanza, le parti più luminose della immagine la modificano più distintamente, mentre le parti oscure non la modificano punto. Pertanto l'immagine stessa stampa da sè la propria impressione sulla sostanza. Fuorchè in questo stampo le parti lucide delle immagini appaiono oscure, e le scure appaiono lucide; ed è perciò che essa è chiamata *negativa*. Per mezzo di questa immagine negativa sono poi prodotte le ordinarie figure, che chiamansi *positive*.

84. LENTI DI INGRANDIMENTO. — Le lenti biconvesse sono tanto spesso applicate per ingrandire l'immagine degli oggetti piccoli, che tutti voi avrete adoperato qualche stromento che produce codesto effetto, e saprete che bisogna porre l'oggetto che vuoi vedere ingrandito assai vicino alla lente. Non potrete però con un istromento così fatto ingrandire un oggetto lontano, come sarebbe la luna od un pianeta. Tuttavia, volendo osservare oggetti così distanti, potete adoperare due vetri, cioè due lenti: una lente grande, per mezzo della quale produrrete una immagine della luna o del pianeta, appunto come poc'anzi dicemmo che si può riprodurre l'immagine del sole; ed un'altra lente d'ingrandimento attraverso della quale esaminerete poi, ingrandita, codesta immagine.

Insomma, se volete vedere distinto un oggetto vicino usate una sola lente convessa, e se volete osservare oggetti lontani, con una prima lente produrrete vicino a voi un'immagine e con altra lente osserverete le particolarità della immagine stessa. Questa combinazione di due lenti, che ci dà distinta l'immagine di un oggetto lontano, chiamasi *telescopio*. Però le lenti sono situate entro un tubo, che serve a proteggerle dalla luce laterale, ed a fissare ad opportuna distanza, l'una dall'altra, le due lenti.

85. LE DIFFERENTI SPECIE DI LUCI PRESENTANO RIFRAZIONI DIVERSE. — Posso provarvi ciò con un raggio di luce che infletto, facendolo passare

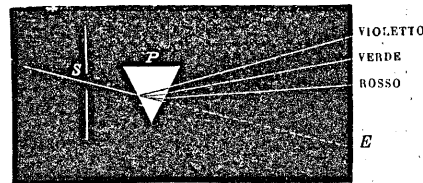


Fig. 38.

per un prisma. Dissi ora che questa inflessione non è la stessa per le luci di diversa specie. Nella figura 38^a vedete come vien piegato un raggio di luce rossa, passando pel prisma. Se questo raggio fosse invece di colore aranciato si sarebbe inflesso un po' più rispetto alla sua direzione primitiva; il giallo si inflette ancor più; il verde più del giallo; l'azzurro maggiormente; l'indaco più ancora dell'azzurro, e più di tutti poi il violetto. Per ciò, se veramente un

raggio luminoso fosse un composto, o piuttosto una miscela formata con questi sette colori (rosso, aranciato, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto), ognuno di questi, attraversando il prisma, sarebbe diversamente piegato rispetto ai raggi ad esso vicini, ed emergerebbero separati l'uno dall'altro: talchè l'occhio nostro potrebbe vederli distinti, sebbene fossero commisti tra loro entrando nel prisma.

Pertanto un prisma spezza ne'suoi elementi un composto di varie luci, separando i colori gli uni dagli altri.

Forse vi recherà sorpresa l'udire che la luce bianca, quale ci viene dal sole, è in realtà composta di tutti i diversi colori che vi ho testè nominati. Però una breve riflessione potrà convincervi del fatto.

Ad ognuno di voi vi sarà occorso di osservare i magnifici e svariati colori che scorgonsi guardando nelle piccole gocce di rugiada, in alcuni cristalli e nelle gemme, quando esse sono colpite dai raggi di luce solare. In tal occasione questi corpi spiegano tutti i colori che ci appaiono in cielo coll'arcobaleno.

E questa rassomiglianza ci trae a chiedere: se mai le varie tinte dell'arco baleno non fosser dovute alla stessa cagione dei colori delle gemme? Forsechè la presenza di una moltitudine di piccole gocce di acqua, sparse nel cielo, non potrebbero operare al modo di que'piccoli diamanti che ammiriamo sulle erbe bagnate dalla rugiada? Queste apparenze possono appunto essere dovute ad una stessa causa. Ma, se è così, qual è que-

sta causa? Siffatta scoperta è dovuta ad Isacco Newton, il quale fu il primo a mostrare che la luce bianca è realmente composta di un gran numero di raggi diversamente colorati insieme, commisti, e che questi raggi possono venir separati nell'attraversare alcuni corpi. Infatti il prisma, come abbiamo detto poc' anzi, ci dà il mezzo di separare gli elementi di color diverso d'un raggio composto.

A tal uopo abbiasi una stretta fessura verticale, praticata nell'imposta d'una camera buia ed a pareti annerite, e per tale fessura si faccia passare un fascio di luce solare. Nella figura 38^a vedete il piano della disposizione delle cose, guardando dall'alto al basso, e come suol dirsi a vista d'uccello. Però, innanzi di collocare il prisma P , la direzione del fascio luminoso che entra dalla fessura S viene indicata dalla retta SE , talchè, ponendo l'occhio in E , e guardando verso la fessura dell'imposta, vedesi soltanto una striscia di luce bianca, poichè la fessura stessa opera come un'apertura attraverso alla quale scorgiamo lo splendore del lontano sole. Interponendo ora il prisma, come è indicato nella figura, se porrete ancora l'occhio in E , più non vedrete di là la fessura. Nondimeno, movendo l'occhio verso la parte più grossa del prisma, cioè verso la sua base, incontrerete ancora la striscia di luce proveniente dalla fessura; ma l'apparenza di essa sarà ora cangiata di molto. Non avrete più come dianzi una sottile striscia brillante di luce bianca, ma vi apparirà una larga benda, ovvero un nastro di

luce a varie tinte, incominciando dal color rosso, situato all'estremo inferiore, e passando gradatamente pei colori seguenti: aranciato, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto, che segna lo estremo superiore.

Tutto ciò intendosi facilmente dietro quanto vi dissi testè, rammentando che la luce bianca è di fatto composta di tutti quei diversi colori, misti insieme. Pertanto, non solo i raggi luminosi si inflettono attraversando il prisma, ma vengono piegati con diversa misura. Avremo quindi una moltitudine di piccole immagini luminose dalla fessura, stratificate l'una sull'altra, e formanti un vero nastro di luce, piuttosto che una piccola striscia. Il rosso sta ad un capo, perchè i raggi rossi sono i meno deviati; all'altro capo stanno i raggi violetti, siccome son quelli che subiscono il maggior deviazione. Questo nastro di luce a vari colori è chiamato *spettro*; e se la luce che facciam passare per la fessura è quella del sole, avremo il così detto *spettro solare*.

Orbene, le piccole gocce d'acqua della rugiada e le gocce della pioggia cadente, attraversate dalla luce solare, operano su questa in modo simile a quanto fa un prisma; cioè giungono distinti al nostro occhio i colori elementari della luce stessa, attesa la varia inflessione che ognuno di essi subisce attraversando tali gocce.

86. RICAPITOLAZIONE. — Facciamo ora un po' di riassunto delle nozioni sin qui esposte sulla radiazione della luce e del calore.

Anzitutto vi mostrai che i corpi scaldati producono dapprima soli raggi oscuri, e che però, elevando di assai la loro temperatura, i raggi si rendono luminosi e capaci di agire sull'organo della vista. Poi vi dissi alcun che sulla riflessione di questi raggi per mezzo di superficie pulite. Avete pure appreso come la direzione dei raggi si modifichi passando attraverso l'acqua od il vetro, e come un prisma di vetro infletta i raggi, volgendoli verso la sua base. Poi vedeste come una lente pieghi i raggi tutto all'intorno verso il suo centro, e come un fascio di raggi solari, passando per una lente dia una piccola immagine luminosa del sole, la quale può far ardere la carta e può scottare la mano.

In seguito vedeste come con una lente si può similmente produrre l'immagine della luna o di un pianeta, e come poi, guardando questa immagine con altra lente, la si vede assai ingrandita; e questa combinazione di due lenti è chiamata telescopio. Infine imparaste che i raggi differentemente colorati dalla luce vengono inflessi o deviati differentemente con un prisma: talchè, occupando essi diversi punti dello spazio, si manifestano separati i vari elementi di un raggio composto di luce.

Ma, innanzi concludere questo capitolo, diciamo ancora qualche cosa sulla natura del calore.

87. NATURA DEL CALORE. — Poè anzi abbiamo paragonato il calore al suono (art. 53), ed abbiamo veduto che un corpo caldo è un corpo dotato di energia (art. 73). Riprendiamo questo paragone, per condurlo più innanzi.

Nel suono abbiamo da studiare due cose, cioè prima il corpo che vibra, poi gli impulsi che esso invia attraverso l'aria sino al nostro udito, e che vi suscitano la sensazione di un suono.

In un corpo caldo, come vi ho detto, le minime particelle sono in vibrazione rapidissima; e appunto, come un corpo vibrante manda fuori un suono che colpisce l'orecchio, così un corpo caldo manda fuori la luce che colpisce l'occhio. Ora che occorre per far vibrare un corpo, per esempio una campana, un tamburo? — Bisogna soltanto dargli un colpo od una percossa. Spingendo un martello contro le pareti della campana, questa si mette tosto a vibrare. Ora il martello innanzi percuotere la campana, essendo un corpo in rapido moto, possiede un'energia, e può produrre un lavoro. Ebbene che accade di questa energia dopo che la campana fu percossa? Il martello ha passata la sua energia alla campana, poichè questa manifesta ora un moto di vibrazione: ed avete pur dianzi appreso che un corpo vibrante è dotato di un'energia. Così l'energia del colpo dato alla campana non andò perduta, ma venne solamente trasmessa dal martello alla campana.

Supponiamo ora che un fabbro ferraio ponga sulla incudine del piombo, e col martello lo vada percuotendo a forti colpi. Udrete solo un colpo floscio, che non è seguito da vibrazioni simili a quelle della campana. Che avvenne dunque dell'energia della percossa? — Essa non venne trasformata, come nella campana, in vibrazioni che vanno a colpire l'orecchio. In che cosa dunque

essa si mutò? Oppure avvenne qualche cambiamento in altra cosa? — Replichiamo che quell'energia si è mutata in calore. La percossa scaldò il piombo, e ne pose in moto tutte le particelle, ma in un modo diverso da quello della campana: tanto che, se il fabbro percuote a lungo il piombo, questo si fonde, cioè si riduce liquido, come se fosse stato posto su vivo fuoco.

Se alcuno di voi fregasse con forza la pallina o capocchia di vetro d'uno spillo contro un pezzo di legno, cosa accadrebbe dell'energia da lui spesa nel far questo lavoro? Essa trasformasi in calore, come si può facilmente verificare, applicando poi rapidamente codesta capocchia sul palmo della mano, poichè la si sente calda.

Esperienza 53.^a — Per mostrarvi in altro modo come l'energia di una percossa si cangi in altra specie d'energia che chiamiamo calore, prendiamo uno di quei fosfini che s'accendono per attrito, e postolo su una pietra, percuotiamolo con un martello: il calore così svolto sarà capace di accendere il fosforo.

Ma di questo fatto potrete meglio convincervi prendendo una sottil verga di ferro, e percuotendone un estremo per alcun tempo fra martello ed incudine, poichè l'estremo stesso della verga si scalderà di tanto da diventare rovente.

E che pur lo strofinio produca calore, lo potete riconoscere in una oscura notte, guardando le vive scintille che irradiano dal freno, quando è adoperato ad arrestare il moto di un convoglio ferroviario. In ognuno di questi casi l'energia d'un corpo in moto chiamata energia *cinetica*, è

trasformata in quella forma d'energia che diciamo calore; e ciò colla sola differenza che nella energia cinetica il corpo si muove tutt'insieme, e tutte le sue particelle muovonsi con una medesima direzione in un dato istante, laddove nel calore le singole particelle si muovono vibrando rapidamente, senza che il corpo, nel suo insieme, muti di luogo.

Ma non solo accade che l'energia visibile spesso si tramuti in calore; dobbiam pur dire che il calore può inversamente tramutarsi in energia visibile. Nel caso di una macchina a vapore che cosa è che compie il lavoro? Non è forse il fuoco che scalda l'acqua della caldaia, e la trasforma in vapore? In questo caso è una parte della energia calorifica del carbone che si cambia di fatto in quell'energia cinetica, per la quale lo stantuffo, sollecitato alternativamente, or su l'una ed or su l'altra delle sue basi, dalla energia tensiva del vapore, offre un moto alternativo di va e vieni, e le ruote motrici presentano un rapido movimento all'ingiro dell'asse. Ed invero tutto il lavoro fatto dalla macchina a vapore è lavoro prodotto dal calore.

Epperò vedete che non solo possiamo cangiare una energia cinetica in calore, ma altresì possiamo riconvertire il calore in energia cinetica.

CORPI ELETTRIZZATI.

88. CONDUTTORI ED ISOLANTI. — Da più che due mila anni or sono si conosceva che un pezzo

di ambra, quand'è sfregato, acquista il potere di attirare a sè i corpi leggieri. Ed ora sono circa 300 anni, l'inglese dott. Gilbert dimostrava che molti altri corpi, come il solfo la ceralacca ed il vetro, hanno la stessa proprietà dell'ambra, e perciò anch'essi furon detti corpi *elettrici*, o piuttosto elettrizzabili, in quanto che l'ambra era chiamata *electron* dai greci antichi.

Queste scarse ed insignificanti nozioni valsero nei tempi nostri a darci quel complesso di cognizioni, così vasto e meraviglioso, per cui siamo capaci di mandare messaggi fra l'Europa e l'America, in meno di un minuto secondo di tempo, e di operare tante altre prodigiose cose.

Esperienza 56. — Eccovi un bastoncino formato con due verghette, una di vetro e l'altra di metallo, congiunte tra loro per un capo. Tenendo colla mano la verghetta di metallo, sfreghiamo quella di vetro con un pezzo di seta, avendo cura che la seta ed il vetro siano caldi e ben secchi. Il vetro così sfregato avrà ora il potere di trarre a sè minuzzoli di carta, o piccole palline di midollo di sambuco; però solo in quei luoghi, dove esso è stato sfregato. Il vetro, collo strofinio, ha infatti acquistato una nuova proprietà, ma questa proprietà non estendesi lungi dalla superficie strofinata. Ciò basti per vetro.

Supponiamo ora di tenere invece colla mano la verghetta di vetro e di strofinare colla seta la unita verghetta di metallo, essendo ancora ben secchi il vetro e la seta. Troveremo che il metallo spiega una proprietà simile a quella del

vetro, cioè può attrarre i corpi leggieri, come la carta ed il sovero: colla differenza però che qui tutte le parti della superficie del metallo esercitano codesto potere elettrico e non soltanto le parti state sfregate. Pertanto l'energia elettrica può distendersi sulla superficie del metallo, mentre nol fa su quella del vetro.

Questa differenza si può rendere più manifesta se, dopo aver sfregato il vetro impugnando il metallo, si tocca con un dito dell'altra mano la parte estrema della verghetta di vetro; questa potrà ancora attirare i corpicciuoli leggieri nelle altre sue parti sfregate. Se invece, tenendo a mano il vetro, si sfrega colla seta il metallo, e si tocca poi questo parimenti col dito in un punto qualsiasi, tutta quanta la verghetta metallica avrà perduta la proprietà di trarre a sè i medesimi corpicciuoli, cioè cesserà d'essere *elettrizzata*.

Perciò il vetro è chiamato *coibente*, ossia *non conduttore* dell'elettricità, in quanto che conserva localizzato, e non diffonde lo stato elettrico acquistato. Laddove il metallo è detto *conduttore*, perchè diffonde subitamente il proprio stato elettrico in sè e nei corpi analoghi. Ed infatti nè il calore, nè l'elettricità ponno facilmente diffondersi sul vetro (art. 65); mentre entrambi si propagano facilmente sul metallo. Il carbone, gli acidi, i sali solubili, l'acqua ed i corpi degli animali sono pure buoni conduttori dell'elettricità, sebbene lo siano meno dei metalli: d'altra parte la gomma elastica, l'aria secca, la seta, il vetro, la cera, il solfo, l'ambra,

la ceralacca sono cattivi conduttori. Questi ultimi si chiamano anche corpi *coibenti* oppure *isolanti*, in quanto che trattengono e non disperdono la elettricità sussistente nei corpi da essi sostenuti o portati.

Così nella precedente esperienza, quando si strofinò la verghetta di metallo impugnando il vetro, questo operò da isolante per l'influenza elettrica provocata collo strofinio nel metallo, e lo stesso fece la seta colla quale lo si strofinava. Laddove poi, toccando col dito il metallo elettrizzato, il dito stesso e tutta la nostra persona operò da conduttore, disperdendo la elettricità del metallo.

Perciò, se vogliamo riescire negli esperimenti sui corpi elettrizzati, è assolutamente necessario di curare che questi siano da tutte le parti circondati da corpi non conduttori dell'elettricità. Quindi è di molta importanza che gli esperimenti si facciano nell'aria secca, e che il corpo elettrizzato sia sostenuto da un corpo isolante come il vetro. L'aria umida, essendo un tal po' conduttrice, disperde in breve lo stato elettrico di un corpo qualsivoglia che sia da esso involto, e lo stesso vetro, diventando umido alla sua superficie, non serve più da isolante.

Intanto dalla precedente esperienza si può dedurre: che *tutti i corpi sono elettrizzabili* collo strofinio; fuorchè taluni conservano, tal'altri disperdono l'elettricità.

Badate però che con questo vocabolo *elettricità* intendo soltanto di qualificare quello stato particolare in cui trovansi i corpi che diciamo

elettrizzati, e quindi quella particolare forma di energia che allora essi manifestano. Poichè potrebbe darsi che, al modo stesso per cui il propagarsi ed il diffondersi del calore, significano solo la propagazione del movimento molecolare calorifico, del pari il propagarsi ed il diffondersi dell'elettricità avessero solo da significare la propagazione di uno speciale movimento elettrico.

89. DUE SPECIE DI ELETTRICITÀ. *Esperienza 57.^a* — Voglio ora provarvi che si danno due opposte azioni elettriche, o meglio due opposti stati elettrici.

Prendiamo l'apparecchio rappresentato dalla

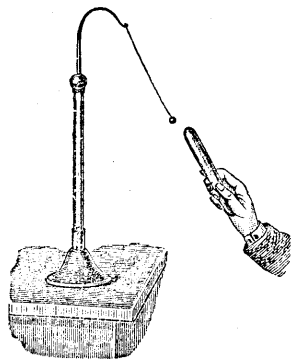


Fig. 39.

fig. 39^a. È costituito da una leggiera pallina di midollo, isolata, cioè sospesa da sottil filo di seta ad un sostegno di vetro. Dapprima sfreghiamo la verghetta di vetro colla seta, e colla verghetta

così sfregata tocchiamo la pallina. Il vetro comunica a questa il proprio stato elettrico, che esso conserva, poichè il filo di seta, il sostegno di vetro e l'aria secca che lo circonda sono isolanti. Ora, prestando attenzione, vedrete che la pallina, dopo essersi ridotta a contatto del vetro, non è più oltre attratta da questo, ma, all'opposto, viene dal medesimo respinta.

Prendiamo poscia un bastoncino di ceralacca e sfregiamolo con un pezzo di flanella secca e calda, ed accostiamo la ceralacca così strofinata alla medesima pallina. Questa, che ancor sarebbe respinta dal vetro sfregato, viene invece attratta dalla ceralacca strofinata.

Pertanto una leggiera pallina isolata, toccata prima col vetro elettrizzato, è da questo respinta; ma è attirata dalla ceralacca, elettrizzata pure collo strofinio.

Se invertiremo il nostro piano di operazioni, toccando dappprincipio la pallina colla ceralacca strofinata, essa vien respinta dalla ceralacca, ed attirata dal vetro sfregato.

Da qui impariamo che, collo strofinamento, si possono produrre due diversi e contrari stati elettrici, quello cioè che ci è dato dal vetro, e quello dato dalla ceralacca. E, per facilità di linguaggio, diremo avere *elettricità di eguale, o di diversa specie* quei corpi che trovansi in istato elettrico simile, oppure contrario.

Ora, quando tocchiamo la pallina col vetro strofinato, comunichiamo ad essa lo stato elettrico del vetro, e poichè dopo è da questo respinta, concluderemo che due *corpi aventi la*

stessa specie di elettricità si respingono l'un l'altro. D'altra parte la pallina toccata col vetro elettrizzato essendo attratta dalla ceralacca elettrizzata, e toccata da questa essendo attratta dal vetro, dovrem concludere che *due corpi aventi diversa specie di elettricità si attraggono l'un l'altro.*

E la pallina, sostenuta e preparata, come abbiamo detto sopra, chiamasi *elettroscopio a pallina*, in quanto serve a farci riconoscere se un corpo sia o no elettrizzato, e nel primo caso quale specie di elettricità esso manifesti.

90. LE DUE OPPOSTE ELETTRICITÀ SI PRODUCONO SEMPRE INSIEME NELL'ELETTRIZZARSI DE' CORPI. *Esperienza 58.^a* — Quando strofiniamo il vetro colla seta, si l'uno che l'altra risultano elettrizzati; ma l'uno in istato elettrico opposto dall'altro. Talchè, separando questi due corpi, e presentandoli successivamente alla pallina (alla quale siasi già comunicata una data elettricità) troveremo che, se il vetro la respinge, la seta la attira e viceversa, se il primo la attrae, l'altra la respinge.

Similmente, allorchè sfreghiamo la ceralacca colla flanella, tutti e due i corpi si elettrizzano, ma i loro stati elettrici sono opposti. Se non che, per riconoscere se la flanella siasi elettrizzata e come, bisogna tenerla con un corpo isolante. In tal caso, dopo lo strofinio, staccandola dalla ceralacca e presentandola alla pallina già elettrizzata, la flanella eserciterà su questa una azione opposta a quella esercitata sulla pallina medesima dalla ceralacca. Che se presentiamo ancora

a questa pallina la ceralacca e la flanella insieme, essa non si muoverà, essendo uguali in grandezza l'azione attrattiva spiegata su di essa da l'un corpo elettrizzato e l'azione respulsiva spiegata dall'altro; talchè le due azioni contemporanee si distruggono nei rispettivi effetti.

La stessa cosa succede in tutti i casi in cui producesi elettricità coll'attrito tra due corpi. *Mai non si può eccitare una elettricità, senza che si manifesti nello stesso tempo anche l'altra elettricità: e le loro quantità d'azione esterna sono equivalenti.*

Per distinguere questi due stati elettrici, o meglio quelle due forme di azioni elettriche si è convenuto di chiamare *positiva* quella che si manifesta dal vetro sfregandolo colla seta, e di chiamar *negativa* l'altra che si esercita dalla ceralacca strofinata colla flanella. Anzi questi due vocaboli sono preferiti, per designare facilmente piuttosto l'una che l'altra specie di azioni elettriche, ed insieme per indicare che queste azioni, essendo contrarie tra loro ed equivalenti, si elidono ossia si neutralizzano nelle loro influenze sui corpi esterni quando operano insieme; siccome accade quando si sommano insieme due numeri eguali, aventi però l'uno il segno negativo e l'altro positivo.

Per ciò i corpi non elettrizzati sono anche detti in *istato neutro*, supponendo che in essi agiscano entrambe le elettricità; ma in tal misura da neutralizzarsi mutuamente, quanto alle rispettive loro azioni sui corpi esterni. Laddove,

collo strofinio di due corpi fra loro diversi, si vien turbando la distribuzione di queste due influenze elettriche, talchè, separandoli di poi, si rende manifesta per l'uno l'influenza elettro-negativa, per l'altro l'influenza elettro-positiva. Ma, accostandoli di nuovo, queste loro influenze appaiono elidersi scambievolmente, essendo eguali in grandezza e contrarie nel verso; cioè i due corpi ricongiunti appaiono come dianzi, in istato neutro, per rispetto ai corpi esterni.

91. AZIONE DEI CORPI ELETRIZZATI SU QUELLI CHE NOL SONO. — Abbiam detto che due corpi aventi uno stesso stato elettrico si respingono, mentre se sono appositamente elettrizzati si attirano l'un l'altro. Ora dobbiam vedere quale azione si eserciti da un corpo elettrizzato su altro corpo che nol sia.

Sia *A* (fig. 40) una grossa palla cava di ottone, la quale comunica col tubo a sinistra, pure di ottone, e portato da un sostegno di vetro, che fa da isolante. D'altra parte *B* e *C* sieno due mezzi cilindri parimenti di ottone, che possono separarsi tra loro nel mezzo, in corrispondenza alla linea mediana segnata nella figura; ed ambedue sieno sostenuti da aste isolanti di vetro.

Esperienza 59.^a — Supponiamo ora che *A* sia e si mantenga in istato elettro-positivo, e che *B* e *C* non sieno stati prima elettrizzati, che è quanto dire siano in istato neutro. Allora accostando uniti *B* e *C* ed *A*, nel modo indicato dalla figura stessa, l'elettricità positiva di *A* esercita tale influenza sul sistema *B C*, per cui la parte *B* più vicina ad

A si manifesta in istato negativo, cioè opposto, mentre la parte *C* più lontana riesce positiva, come vedete nella figura. Ed infatti, se stacciamo *C* da *B* e poi portiamo *B* lungi da *A*, troveremo

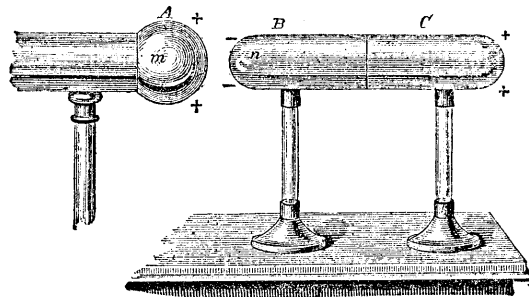


Fig. 40.

coll'elettroscopio già preparato che *B* si mostra elettrizzato negativamente e *C* positivamente; cioè abbiam così in questi corpi provocate insieme le due elettricità. Però, se congiungeremo di nuovo *B* con *C*, e li presenteremo insieme all'elettroscopio, il sistema *B C* risulterà, come dianzi in istato neutro, elidendosi ancora, rispetto a un corpo esterno le influenze delle due elettricità, momentaneamente spostate in *B C* dall'influenza del corpo *B* elettrizzato.

In altre parole diciamo che per opera della elettricità esistente in *A*, abbiame rese manifeste e separate tra loro le due elettricità che erano in *B* e *C*. Anzi *A* è in grado di rinnovare ancora una simile azione su *B* e *C*, qualora ve li accostiamo di nuovo. Codesta azione od influenza esercitata

a distanza da A su BC , chiamasi *induzione elettrica*.

92. SCINTILLA ELETTRICA. *Esperienza 60.^a* — Ripetiamo ora il precedente esperimento, ma in un modo un po' diverso. Spingiamo lentamente il sistema BC verso A , e seguitiamo così ad accostarlo ad A . Quando A e B saranno vicinissimi, la elettricità positiva comunicata ad A e la elettricità negativa indotta in B , si troveranno separate tra loro soltanto da un sottile strato d'aria. epperò potranno rendersi così efficaci le vicende loro azioni attrattive e così debole la resistenza dello straterello d'aria, da poter esse unirsi fra loro, producendo una striscia di luce, chiamata *scintilla* elettrica. Con ciò A avrà perduto una parte della sua elettricità positiva e D una parte della propria elettricità negativa. Quindi è che allora allontanando BC , troveremo in esso la elettricità positiva che prima era in C e che non si è dispersa, ed insieme quella ricevuta da A . Ovvero potremo dire, che avendo A perduta parte della sua elettricità positiva, BC ne avrà guadagnata appunto altrettanto, ed il risultato sarà lo stesso come se una parte della elettricità positiva di A fosse passata in BC .

93. DIVERSI ESPERIMENTI. — Ciò che abbiám detto poc' anzi sulla induzione elettrica, può illustrarsi facilmente con alcuni facili e chiari esperimenti. Bisogna però sempre ricordarsi che in tutte queste prove il vetro degli apparecchi dev'essere ben asciutto e caldo, e l'aria circostante ben secca.

Esperienza 61.^a — Vedete nella figura 41 uno

stromento che, servendo anch'esso a scoprire l'elettricità, è chiamato *elettroscopio a foglie d'oro*. Per metterlo in azione, comunico prima alla palla superiore (vedi le *Istruzioni*) una debole carica di elettricità positiva. Questa si diffonde alle fogliette d'oro, che sono congiunte colla palla mediante un corpo conduttore, e perciò le due foglie, essendo elettrizzate similmente, si respingeranno tra loro, come vedete nella figura. Ora l'elettroscopio è pronto per operare.

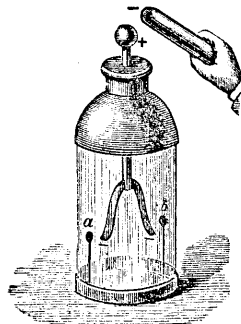


Fig. 41.

Esperienza 62.^a — Avvicinando alla palla dell'elettroscopio, già elettrizzato positivamente, un bastoncino di ceralacca strofinato colla lana, vedremo che le fogliette d'oro dianzi divergenti, si avvicinano alcun po' tra loro. La cagione del fatto è questa: la elettricità negativa della ceralacca, operando per induzione su le parti conduttrici dell'elettroscopio, tende a ridurre in istato positivo la parte più vicina, cioè la palla, e a ridurre in istato negativo la parte più lontana, cioè le foglie. Ma, siccome queste erano prima elettrizzate positivamente, una parte della loro carica viene annullata dalla elettricità negativa in esse indotta, e perciò diminuisce la loro divergenza.

Esperienza 63.^a — Avendo ancora caricato l'elettroscopio di elettricità positiva, se accostiamo

alla palla di esso un bastone di vetro strofinato, le fogliette divergeranno ancor più. Ciò proviene da che l'elettricità positiva del vetro, agisce per induzione su l'elettricità propria dell'elettroscopio, rendendo negativa la palla e positive le fogliette; epperò queste che erano già cariche di elettricità positiva, divergeranno più fortemente per codesta aggiunta di elettricità di eguale specie.

Esperienza 64.^a — Abbiasi ora una palla cava di ottone o di altro corpo conduttore, sorretta da una asta di vetro isolante. Se noi rechiamo questo conduttore vicino alla macchina elettrica in azione (vedi art. 92), scoccherà fra essi una scintilla, ma piuttosto debole. Se poi tocchiamo col dito la parte del conduttore che è più lontana dalla macchina, la scintilla che scoccherà fra la palla e la macchina sarà ora molto più vivace.

Questa esperienza rischiarà quanto abbiamo detto nell'art. 92 sulla causa della scintilla. Infatti l'elettricità positiva della macchina trae verso di sè la negativa della palla e spinge la positiva più lungi che può. Quindi, se la palla sarà isolata, l'induzione è limitata ad essa, e perciò abbiamo una scintilla debole. Ma, quando tocchiamo la palla stessa col dito o con altro conduttore, comunicante col suolo, il sistema conduttivo che risente l'induzione rappresentando una capacità elettrica di molto maggiore di quella della palla, lo spostamento elettrico nel corpo indotto risulta molto più efficace, ed abbiamo una forte scintilla per la neutralizzazione delle due contrarie elettricità attraverso l'aria, che separa il conduttore della macchina dalla palla.

94. AZIONE DELLE PUNTE. — Se nell'ultima esperienza continuiamo a toccare la palla metallica, intanto che si continua a far operare la macchina elettrica, una serie di scintille si scaricherà attraverso il corpo nostro, e ci potrà cagionare una spiacevole sensazione. La scintilla data dalla macchina elettrica può essere paragonata ad un piccolo scoppio di fulmine, e può dirsi che un lampo sia una lunga scintilla elettrica. Ora, appunto come una persona colpita dal fulmine è attraversata dalle elettricità che si provocano fra una nube e la terra, così anche quando tocchiamo la palla nell'ultimo esperimento, la neutralizzazione delle due elettricità si effettua attraverso il nostro corpo.

Esperienza 65.^a — Applichiamo uno spillo metallico od una punta alla palla predetta, ed accostiamola alla macchina, mantenendo il contatto del dito colla palla medesima. Così operando, non si avranno dalla macchina vere scintille; e si udrà invece un sibilo, corrispondente ad una serie rapidissima ed apparentemente continua di scariche elettriche. Poichè un corpo acuminato, disperdendo facilmente l'elettricità mano mano che è prodotta, questa non può crescere al punto da dare una forte scarica, cioè una scintilla.

L'ufficio e l'utilità dei conduttori metallici acuminati posti su gli alti fabbricati si manifestano col protegger questi dalle scariche fulminee. Tali conduttori acuti, che scendono giù entro terra, servono a facilitare la neutralizzazione delle due opposte elettricità, quella propria della nube e quella da essa indotta nel suolo; talchè si ha una

scarica lunga e silenziosa, appunto come nella precedente esperienza 65^a. A quel modo che la punta proteggeva in quest'esperienza il dito dalle scintille, così il conduttore, chiamato *parafulmine*, protegge un fabbricato dalla scarica fulminea.

Franklin, filosofo americano, fu il primo a trovare che il lampo e l'elettricità sono la stessa cosa, e che differiscono soltanto in ciò, che un lampo fulmineo tiene spesso una lunghezza di parecchi chilometri, mentre una scintilla elettrica ha appena una lunghezza di parecchi centimetri.

93. MACCHINA ELETTRICA -- Siamo ora in grado di spiegare la costruzione d'una macchina elettrica.

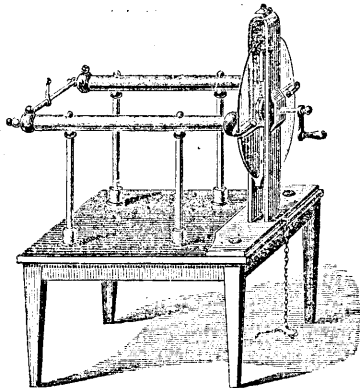


Fig. 42.

Una delle macchine elettriche più usitate è quella nella quale l'elettricità è prodotta da un largo disco di vetro come nella figura 42. Questo di-

sco, nel mentre gira, vien sfregato da due paia di cuscinetti fra mezzo ai quali esso passa. Questi cuscini sono comunemente fatti di pelle, imbottita di crine, che permette di comprimerli per bene contro il vetro: sono però spalmati di un metallo molle, disteso su la loro superficie, e comunemente formato con una parte di zinco, una di stagno e due di mercurio, miste insieme. Una catena metallica fa comunicare questi cuscini tra di loro e colla terra. Facendo ruotare il disco, avremo, come nell'art. 90, due corpi di diversa natura che si strofinano fra loro, il vetro ed il metallo; quindi le loro elettricità si separano, la positiva producesi nel vetro e la negativa nel metallo applicato ai cuscini. Però, i cuscini essendo in comunicazione col suolo, questa elettricità si diffonde nella terra. Rimarrà la elettricità positiva nel vetro, il quale non è conduttore.

Ma, d'altra parte, il disco di vetro è abbracciato da due aste metalliche piegate a forma di U, le quali sono congiunte ad una estesa superficie metallica, che costituisce il *conduttore*, come vedete nella figura: ed il conduttore, essendo sorretto da bastoni di vetro che fanno da isolante, può conservare la propria elettricità. Però le sue braccia ad U che circondano il disco sono munite verso l'interno di punte metalliche. Poc'anzi vedeste che le punte hanno la proprietà di agevolare la diffusione della elettricità: accade quindi che le punte stesse raccolgano l'elettricità positiva del vetro e la trasportino al conduttore, dove essa è conservata grazie ai sostegni isolanti. — Laonde, ruotando il disco per alcun tempo, po-

tremo accumulare nel conduttore una gran quantità di elettricità, mercè il continuo lavoro di strofinio fra le due superficie eterogenee, quella del vetro e quella dell'amalgama metallico.

Esperienza 66.^a — Quando il conduttore della macchina elettrica è caricato, accostando ad esso un dito, scocca una scintilla fra il conduttore ed il dito. Ciò ancora proviene da che l'elettricità positiva del conduttore, per induzione, provoca un disturbo nelle due elettricità proprie del mio dito ed insieme del mio corpo, cosicchè le parti ad essa più vicine manifestano l'elettricità opposta, cioè la negativa, e le parti più lontane la elettricità d'egual natura, cioè la positiva (art. 91). Allora le due elettricità contrarie e vicine, cioè la positiva del conduttore e la negativa della mano, attirandosi scambievolmente ed unendosi fra di loro, costituiscono la scintilla.

96. BOTTIGLIA DI LEYDEN. *Esperienza 67.^a* — Quando avvicinate il dito od un nodo di esso alla macchina elettrica, voi sentite una sensazione come di pizzicore nell'atto in cui scocca la scintilla; ma non ne risentite una vera scossa. Per produrre una scossa, potete usare una boccia di Leyden, quale la vedete nella figura 43. — Essa è una boccia di vetro, le cui pareti sono co-

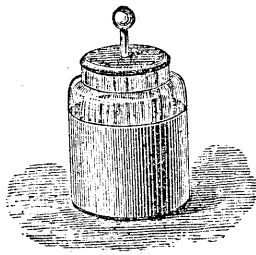


Fig. 43.

perite da stagnuola, almeno sin poco al disotto della sua apertura. Un'asta di ottone, munita di

palla all'estremo superiore, si congiunge inferiormente colla copertura od *armatura* interna, ed è sorretta da un tappo isolante, che chiude l'apertura della boccia. Così questa è munita di due armature, l'una interna e l'altra esterna, le quali sono separate tra loro da un framezzo di vetro che non conduce l'elettricità.

Prendo ora la boccia, applicando una mano alla armatura esterna, e tocco il conduttore di una macchina elettrica in azione colla palla che comunica coll'armatura interna. L'elettricità positiva del conduttore si comunica all'armatura interna e quivi, operando per induzione, provocherà all'armatura esterna, l'elettricità negativa, dissipandosi la positiva, per mezzo della persona, nella terra. Ora abbiam qui, l'una di contro all'altra, due forti cariche opposte di elettricità positiva nell'armatura interna e di negativa nella esterna, le quali non possono neutralizzarsi, non potendo superare la resistenza del vetro. Perciò si potrà comunicare una nuova quantità di elettricità positiva all'armatura interna. Questa seconda carica agirà allo stesso modo della prima, aumentando, per induzione, la carica negativa nella armatura esterna. Avremo così aumentata la carica interna e l'esterna, ed ambedue tenderanno a congiungersi tra loro, impedito però sempre dalla coibenza del vetro. E così via, continuando questo processo, potremo accumulare, sulle due armature della boccia, quantità assai grandi delle due opposte elettricità.

Per iscaricare questa boccia si fa uso di un arco metallico, pieghevole a snodo, i cui rami

ponno variamente accostarsi per mezzo di due manichi isolanti di vetro, come vedete nella figura

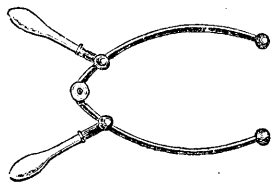


Fig. 44.

44. Questo ordigno è chiamato *eccitatore*. Ora, toccando con una delle palle terminali dell'arco una delle armature della boccia, ed avvicinando poi gradatamente l'altra palla all'altra armatura, quando la distanza fra

esse sarà piccola, si vedrà scoccare una forte scintilla, accompagnata da rumore, e con ciò la boccia dicesi scarica.

Qualora poi vogliam ricevere una commozione, basta afferrare con una mano l'armatura esterna ed avvicinare l'altra mano alla palla dell'armatura interna: allora il nostro corpo fa da arco eccitatore, provocando la scarica della boccia, attraverso del medesimo. Che se più persone vogliono risentire codesta scossa, devono congiungersi successivamente colle lor mani, a forma di catena, e la persona che sta ad un estremo di questa catena tocca una delle armature, mentre l'altra persona estrema porta la sua mano libera a toccar l'altra. La scarica accadendo attraverso il corpo di tutti, tutti risentiranno una commozione.

97. ENERGIA NEI CORPI ELETTTRIZZATI. — Per quanto vi dissi testè, comprenderete che i diversi fenomeni elettrici esser devono la manifestazione di un particolar modo di energia. Vedete le due opposte elettricità della boccia che esercitano una tensione opposta per unirsi insieme, e

la loro unione è accompagnata da un lampo e da un rumore. Questo lampo è veramente luminoso, e sebbene non duri più che una ventiquattromillesima parte di un minuto secondo, importa però una notevole quantità di calore. E poichè il calore rappresenta una energia, vedendolo intervenire nella scarica delle boccia, diremo che questa energia, che chiamiamo elettricità, si cambia allora in quell'altra forma di energia, che chiamiamo calore e luce.

Però l'elettricità, come ogni energia, per essere prodotta, richiederà un lavoro. E appunto per mantenere in azione la macchina elettrica, cioè per continuare a promuovere elettricità, conviene esercitare uno sforzo sensibile per mantener in moto la macchina, contro l'attrazione esercitantesi fra le due superficie eterogenee, che si strofinano.

Vedete dunque che *nulla si crea col nulla*. Se volete ottenere un qualsiasi agente efficace, dovete produrre un lavoro ad esso corrispondente. D'altra parte, quando le due elettricità si uniscono, non vi è scomparsa di energia, ma accade soltanto un cambiamento, dalla forma di elettricità a quella di calore.

98. CORRENTE ELETTRICA. — Vedemmo sopra (art. 94) che accostando un conduttore acuminato alla macchina elettrica in azione, si produce una specie di scarica continua, non luminosa e silenziosa, tra la macchina ed il suolo. Ma vedemmo altresì che questa scarica continua consiste propriamente nella riunione, pur continua, della elettricità positiva della macchina colla negativa

data dal suolo per induzione. Una scarica così fatta, o meglio codesta serie rapidissima di scariche, chiamasi *corrente elettrica*, in quanto, per brevità di discorso, si suppone un semplice trascorrimento di elettricità dal corpo elettrizzato positivamente all'altro che è elettrizzato negativamente.

Però abbiamo altri mezzi, oltre quello di una macchina elettrica, per ottenere energiche correnti elettriche. Descriverò brevemente l'apparecchio che fu inventato dal Volta, fisico italiano, e che perciò fu chiamato *batteria voltaica*. La figura 45 mostra codesta disposizione di cose.

Nel vaso di vetro a sinistra vedete una lastra segnata *C*, che indica una lastra di rame; di con-

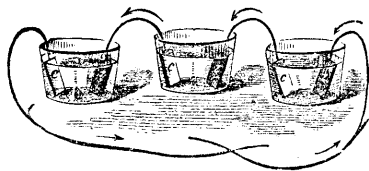


Fig. 45.

tro ad essa v'è una lastra di zinco segnata *Z*, la quale da un filo metallico è congiunta con altra lastra di rame, posta in un secondo vaso. In questo evvi altra lastra di zinco, che è similmente collegata col rame del terzo vaso. Infine all'estremo destro vedete una lastra di zinco. I vasi sono pressochè pieni di una soluzione di acido solforico nell'acqua. Due fili di rame applicati alle due lastre estreme, a quella di zinco da una banda

ed a quella di rame dell'altra, servono a chiudere il circuito della batteria e ad applicare la corrente ad altri corpi. Perciò questi fili si dicono *reofori* (che significa portatori della corrente), e le loro estremità son dette *poli* (punti estremi) della batteria.

Quando si congiungono tra loro questi reofori, come nella figura, si hanno due elettricità, l'una positiva, che cammina nel senso delle frecce, l'altra negativa, che cammina in senso opposto, le quali si neutralizzano tra loro. Però comunemente si considera solo la positiva, che si suppone procedere dal reoforo unito alla lastra di rame di sinistra, lunghesso i reofori alla lastra di zinco dell'estremo destro, e successivamente da una ad altra lastra metallica, attraverso al liquido che in ciascun vaso separa la lastra di rame da quella di zinco, ed ai fili metallici congiungenti le lastre di due vasi successivi, sino a compiere il circuito coll'estremo rame, da dove supponemmo originariamente partita la corrente.

99. BATTERIA DI GROVE. — La disposizione testè descritta è quella usata dal Volta. Ma, d'allora in poi, molte altre combinazioni furono proposte per ottenere una corrente elettrica.

Era osservato che nella disposizione del Volta la corrente, benchè forte dappprincipio, diventava ben presto debole, e s'immaginò un metodo col quale la corrente può mantenersi a lungo con una forza quasi costante. Una batteria che raggiunga questo intento è chiamata *batteria costante*, ed una delle migliori tra queste è quella inventata da Grove, che può vedersi innanzi nella figura 48.

In questa batteria, invece di un semplice vaso, se ne adoperano due, l'uno entro l'altro, l'esterno in vetro od in terraglia, e l'interno in terra cotta porosa. Il vaso esterno è in parte empito di acido solforico diluito; entro di esso sta una lastra di zinco amalgamata alla superficie e piegata come vedete nella figura. Entro questo liquido sta il vaso poroso contenente acido nitrico concentrato, nel quale sta immersa una lastra di platino, che tien luogo del rame della combinazione voltiana.

Quando questa batteria è in azione, lo zinco si scioglie nell'acido solforico diluito, ed intanto il gas idrogeno vien lasciato libero. Ma questo idrogeno non si sperde in forma di bolle, e trova la sua via attraverso il vaso poroso contenente l'acido nitrico, ed ivi decompone quest'acido, appropriandosi una parte del suo ossigeno, così da formare acqua (come sapete dai *Principj di chimica*, l'acqua è formata da idrogeno e da ossigeno); epperò trasforma l'acido nitrico in acido acico iponitrico, il quale manifesta la sua presenza con un fumo di colore aranciato. Per tal modo lo idrogeno non giunge alla lastra di platino; ed invero l'anzidetta combinazione ebbe appunto per intento di impedire che ciò accadesse, mentre nell'originaria batteria del Volta l'idrogeno prodotto dal disciogliersi dello zinco aderiva alla lastra di rame, e svigoriva di molto la forza della batteria.

Abbiam qui descritto della batteria di Grove soltanto una *coppia*, com'essa vien chiamata. Una forte batteria di questa specie può essere costituita da 50 od anche di 100 coppie, nelle quali

il filo unito al platino d'una coppia si congiunge collo zinco dell'altra, in un modo affatto simile a quello della figura 45, con solo questa differenza che in luogo del rame v'è qui il platino, ed in luogo d'un vaso semplice un vaso doppio, come quello testè descritto. Quindi, in questa combinazione del Grove, la corrente positiva passa attraverso il liquido, diretta dallo zinco al platino, appunto come nella combinazione del Volta essa attraversa il liquido procedendo dallo zinco al rame.

100. PROPRIETÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA. — Vediamo ora che cosa possa fare una corrente elettrica: ossia disponiamo alcune semplice esperienze.

Esperienza 68.^a — Abbiasi una batteria di Grove preparata per agire, ed introduciamo fra i poli di essa un pezzo di filo di platino molto sottile. Tostochè la congiunzione sarà fatta, il filo platino si scaldierà di tanto da divenir rovente.

Esperienza 69.^a — Prendiamo ancora una batteria di Grove, facciamo per modo che i suoi poli giungano in due provette capovolte e contenenti acqua, come nella figura 46. Tosto si scorge che la corrente decompone l'acqua e che l'ossigeno si raccoglie in una delle provette e l'idrogeno nell'altra. L'ossigeno si svolge al polo che è congiunto col platino, mentre l'idrogeno si raccoglie al polo congiunto collo zinco. Con ciò vedete che una batteria voltaica ha il potere di scomporre l'acqua. E similmente essa può scomporre molti altri composti liquidi.

Esperienza 70.^a — Abbiam qui un lungo filo

di rame ricoperto da filo isolante, ed avvolgiamolo intorno ad una grossa verga di ferro dolce piegata ad U, o, come suol dirsi, a ferro di cavallo; indi congiungiamo i due capi del filo di

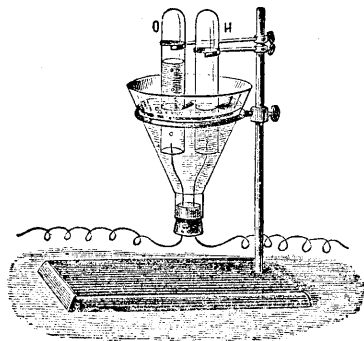


Fig. 46.

rame coi poli della batteria. Se questa è attiva, troveremo che il ferro acquistò il potere di attirare a sè altro ferro, qual sarebbe una lastra posta al disotto come nella figura 47^a, e sorreggente un forte pesc. Nondimeno, tosto che si romperà la connessione tra il ferro di cavallo e la batteria, questa facoltà cesserà, e la lastra di ferro portante il peso si staccherà, come dianzi.

Esperienza 71.^a — Prendiamo una verghetta di acciaio temperato, qual'è un ago da cucire, e posiamolo pel traverso sulla spirale avvolta al ferro dell'ultima esperienza, nel mentre passa la corrente. Questo ago avrà acquistato alcune proprietà, le quali esso non perderà, come fa il ferro

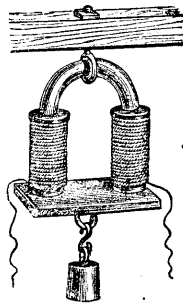


Fig. 47.

dolce, col cessare della corrente, ma le conserverà. Per esempio, sospendendo quest'ago pel suo centro con un sottil filo di seta e lasciandolo oscillare orizzontalmente finchè esso si fissi in una certa direzione, questa direzione corrisponderà prossimamente a quella da nord a sud. Insomma quest'ago farà come l'ago di una bussola, tendendo sempre ad assumere una data direzione, ed abilitando quindi il nocchiero, quando viaggia sul mare, a ben dirigere la sua nave. Un pezzo d'acciaio temperato che possiede questa proprietà, è chiamato un *magnete* od una calamita.

Esperienza 72.^a — Su di un perno verticale sospendiamo orizzontalmente un ago magnetico: esso, coi proprj estremi, guarderà prossimamente a nord ed a sud. Ma, se distendiamo vicino e parallelamente ad esso un filo conduttore pel quale passi una corrente, troveremo che l'ago non guarda più, come dianzi, ai poli terrestri, ma dispone obliquamente e quasi ad angolo retto col filo che traduce la corrente. Se poi interrompiamo la corrente, l'ago ripiglia tosto la sua abituale direzione.

Esperienza 73.^a — Possiamo rendere significativa l'ultima esperienza colla disposizione mostrata dalla figura 48^a. Supponiamo che la nostra batteria sia posta ad un capo della stanza, e che i due fili conduttori e superficialmente isolati trasportino i due poli dalla batteria all'altro capo della camera, e siano insieme congiunti, cosicchè la batteria diventi operativa. Inoltre nel punto più remoto della batteria vi è un ago magnetico, sospeso in prossimità del filo: esso vien brusca-

mente deviato quando passa la corrente. Ora se taluno, all'opposto lato della camera, staccasse il filo da un punto dei poli della batteria, nello

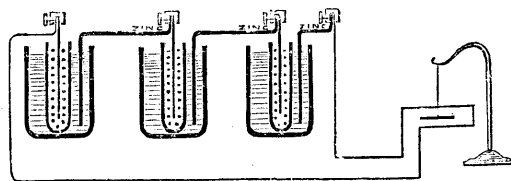


Fig. 48.

stesso istante cesserebbe la corrente, e l'ago magnetico ritornerebbe alla consueta sua posizione.

101. TELEGRAFO ELETTRICO. — Come or dissi, interrompendo il filo conduttore della batteria ad un estremo d'una sala, l'ago situato all'opposto estremo si muove appunto nello stesso momento. Questo movimento si produrrebbe egualmente quand'anche il filo congiungente i poli si spingesse ad una distanza di 100 e di 1000 chilometri. Se l'ago magnetico vien posto vicino al filo che porta la corrente, sebbene fosse lungi mille chilometri dalla batteria, sarebbe pure deviato tostochè all'altro estremo del filo, cioè a mille chilometri di distanza, staccando un polo dalla batteria, ossia facendo cessare la corrente, l'ago magnetico tornerebbe tosto alla sua ordinaria posizione. *Vedete dunque che, producendo e togliendo il contatto di un filo con un polo della batteria, possiamo muovere, ed in opposti sensi, un ago magnetico a mille chilometri di distanza.*

È questo appunto il principio del *telegrafo elet-*

trico, il quale produce tali meraviglie in fatto di trasmissione di notizie, per cui possiamo significare il nostro pensiero a chi si trovi nella lontana America, pochi secondi dopo averlo concepito. Non posso qui entrare in maggiori particolari su questo argomento: tuttavia voi comprenderete che, col far agitare variamente un ago magnetico a mille chilometri di distanza, si possono produrre diversi segnali che, convezionalmente, ponno corrispondere ad un particolare alfabeto, col mezzo del quale si possono significare le diverse idee.

102. CONCLUSIONE. — Avete così brevemente imparato che possa fare una corrente elettrica. In primo luogo essa può scaldare fortemente un filo sottile dalla medesima percorso; in secondo luogo può decomporre l'acqua ed altri corpi; in terzo luogo può trasformare un pezzo di ferro dolce in una potente calamita temporaria; in quarto luogo può produrre una calamita permanentemente con una verga d'acciajo, ed infine può deviare l'ago di una bussola, rendendo possibile il comunicare a grandi distanze ed in brevissimo tempo i proprj pensieri.

103. DEDUZIONI. — Non posso più a lungo distendermi su questi interessanti argomenti: ma spero tuttavia che voi avrete inteso qualche cosa sui modi di operare della materia. Parliamo dapprima dei corpi in moto, poi dei corpi vibranti, indi dei corpi caldi, e finalmente dei corpi elettrizzati, ed abbiamo procurato di mostrare che l'attività posseduta da un corpo non può mai andare perduta. Essa può bensì trasmettersi da uno ad altro corpo, può cambiare la sua forma,

convertendo l'energia visibile ora in suono, ora in calore, ora in elettricità, e trasformarsi in diversi modi. Ma in realtà nessuna parte di questa attività può annientarsi, come non può annientarsi qualsiasi particella di materia.

Perciocchè, siccome la scienza della chimica è basata sul principio che la materia cambia solamente di forma, passando da una ad altra combinazione, e non può in niun modo annientarsi; così la scienza della fisica è fondata sul principio che l'attività o l'energia cambia soltanto di forma, senza mai potersi annientare. Ma il pieno sviluppo di questo principio è riservato ad un più alto stadio dell'istruzione scientifica.

COSE DA RICORDARE

L'unità delle misure lineari è chiamata *metro*, e corrisponde prossimamente alla quarantamilionesima parte del meridiano medio terrestre. Per le distanze da luogo a luogo, si usa il *chilometro*, che vale mille metri.

Per unità di misura delle grandezze e dei volumi si prende il *metro cubo*: ma per unità di misura del volume dei liquidi e dei fluidi aeriformi si prende il *litro*, che è una capacità corrispondente ad un decimetro cubo.

Per unità di misura del peso dei corpi si è preso il *chilogramma*, cioè il peso reale di un litro di acqua pura a 4°. La millesima parte di questo peso, dicesi *gramma*.

Un corpo lasciato cadere liberamente, per la forza di gravità percorre, nel primo minuto secondo di tempo da che cominciò a muoversi, circa metri 4,9, e guadagna poi, ad ogni minuto secondo, metri 9,8 nella sua velocità.

L'acciajo è il metallo più resistente, l'oro il più malleabile. Il diamante il solido più duro, cioè intacca ogni altro corpo.

Un litro d'aria ben secca ed a 0°, pesa grammi 1,293.

Un litro di gas acido carbonico, pesa grammi 1,977.

Un litro di gas idrogeno pesa soltanto grammi 0,0896.

La pressione esercitata, per medio d'un anno, a livello del mare, dall'aria atmosferica, vale a reggere una colonna di mercurio a 0°, alta metri 0,76, ovvero una colonna d'acqua a 4°, alta metri 10,33.

Il suono percorre, nell'aria a 0°, uno spazio di metri 332,5, al minuto secondo, ossia si propaga con una velocità di circa un terzo di chilometro.

Quando uno strumento musicale vibra 50 volte in un secondo, esso emette una nota molto profonda o bassa; se vibra 10 mila volte in un secondo, emette una nota acuta od alta di molto. Dicesi *caloria* la quantità di calore necessaria a scaldare di 1° un chilogramma d'acqua. Questa quantità vien presa per unità di misura delle varie quantità di calore, volute a produrre dati effetti termici.

Per fondere o liquefare un chilogramma di ghiaccio a 0° richiedonsi 79 calorie, e per trasformare in vapore un chilogramma d'acqua a 100°, vogliono 537 calorie.

La luce attraversa gli spazj celesti con una velocità di circa 310 chilometri al minuto secondo.

ISTRUZIONI RELATIVE AGLI APPARATI

Per le sperienze da eseguirsi colla macchina pneumatica, bisogna aver molta cura che lo stantuffo combaci per bene colla superficie del cilindro, spalmandolo di grasso suino. E similmente il labbro della campana deve combaciare perfettamente col disco piano che ne chiude l'apertura; perciò lo si spalma pure di grasso, ed applicato poi tal labbro al piatto, lo si fa ruotare dolcemente, badando se mai si produce qualche scricchiolio dovuto allo scbiacciarsi di alcun corpuscolo interposto, nel qual caso si dovrà ripulir bene il labbro della campana ed il piatto, e rinnovare l'applicazione del grasso. — Questa avvertenza vale anche pei due emisferi della esperienza 30ª, ed in genere pei recipienti applicati alla macchina pneumatica.

Per empire d'acido carbonico la boccia accennata nell'esperienza 28ª, bisogna curare che il tubo adduttore del gas *discenda* sin presso al fondo della boccia, senza però toccarlo. Laddove, per empire di gas idrogeno la boccia stessa, come nell'esperienza 29ª, conviene che il tubo *salga*

sin presso al fondo della boccia, poichè, in questa esperienza, la boccia è disposta a rovescio, cioè col fondo volto all'insù.

Bisogna usare molta cura nel maneggiare il fosforo, il quale facilmente prende fuoco. Le vergnette di fosforo si conservano sott'acqua, ed i piccoli pezzi da adoperare per l'esperienza 50^a si asciugano prima cautamente con carta bibula.

Quando il mercurio è offuscato alla superficie, si piega della carta a forma di cono, la si adatta nel cavo di un imbuto di vetro, disposto nel collo d'una boccia pure di vetro e ben pulita ed asciutta. Si versa il mercurio su l'imbuto di carta, e con un sottile e lungo spillo d'acciaio si pratica un piccolo foro sul fondo della carta stessa. Il mercurio, filtrando lentamente per quel forellino, si spoglia dell'ossido, il quale galleggia ed aderisce poi alla carta, ed il mercurio rimane brillante.

Bisogna pur badare che il mercurio non sia imbrattato da altri metalli, coi quali facilmente si unisce formando un'amalgama. Quindi bisogna serbare in disparte il mercurio purificato da quella porzione di mercurio che vuolsi usare per amalgamare gli zinchi delle pile.

Innanzi di adoperare la macchina elettrica, bisogna scaldare per bene il disco di vetro, sottoponendovi un braciere, e girando lentamente il disco, così da esporre al fuoco le varie parti di esso, senza di che si arrischierebbe di veder spezzarsi il disco. Anche i sostegni isolanti di vetro del conduttore devono esser ben secchi e caldi.

A ben predisporre l'elettroscopio per le espe-

rienze descritte all'articolo 93, bisogna caricarla con una carica piuttosto debole: altrimenti, se questa è appena un po' forte, le fogliette, divergendo, si spingerebbero a toccare le pareti della boccia e potrebbero lacerarsi. Per caricare l'elettroscopio conviene dare ad una boccia di Leyden solo una piccola scintilla colla macchina elettrica, e toccar poi la palla dell'elettroscopio colla palla della boccia.

Inoltre la boccia di Leyden e tutti gli oggetti di vetro, che servono ad esperienze elettriche, devono essere caldi e ben asciutti.

Lo zingo della pila di Grove deve essere ben amalgamato (vedi *Principj di Chimica*), e tutte le parti metalliche, che entrano a costituire il circuito, devono essere ben pulite nei rispettivi punti di congiunzione.

I truogoli esterni di questa pila si caricano con una soluzione di una parte di acido solforico concentrato con otto di acqua.

Quando questa pila ha cessato di agire, si risciacquano per bene i vasi porosi, e si ripuliscono le lastre di platino e di zinco.

Nell'esperienza 73^a bisogna riempire di mercurio le due piccole capsule di rame, nelle quali s'immergono le estremità dei reofori della pila.

INTERROGAZIONI

INTRODUZIONE.

- Art. 1. — 1. Date un esempio di due cose di differente *specie*.
2. Date un esempio di due *affezioni* o *modi* diversi d'una stessa cosa.
- Art. 2. — 1. Prima d'intendere un movimento dovete conoscere due cose intorno ad esso. Quali sono queste?
2. Uno camminando sempre dello stesso passo percorre otto miglia in due ore ed un quarto, un altro percorre quattro miglia in un' ora, chi si muove più veloce?
3. Uno percorre dieci miglia in due ore e mezzo. Qual'è la sua velocità? Una palla da cannone percorre ben 2200 metri in $5 \frac{1}{2}$ secondi. Qual'è la sua velocità?
- Art. 3. — 1. Cosa intendiamo per forza?
2. Date un esempio sperimentale d'una forza, che arresta un corpo in moto.
3. Date un esempio sperimentale d'una forza, che determina movimento in un corpo dapprima in quiete. Date un esempio sperimentale d'una forza, che viene vinta dall'azione d'un'altra forza.

LE PRINCIPALI FORZE DELLA NATURA.

- Art. 4. — 1. Qual'è la cagione del peso, che manifestano le cose?
2. Se poteste levar via la parte interna della terra (lasciando a suo posto la crosta), vi sarebbe un'altezzione di peso in una massa di piombo?
3. Se poteste entro uno spazio vuoto tenere colla vostra mano un chilogrammo di piombo, e se la terra non esistesse sotto i vostri piedi, avrebbe peso il piombo?
- Art. 5. — 1. Date un esempio di coesione.
2. Qual'è la più caratteristica differenza fra gravità e coesione? Rendete chiara la vostra risposta con un esempio.
- Art. 6. — 1. Date un esempio di attrazione chimica.
2. Qual'è il carattere particolare di questa forza?
- Art. 7. — 1. Cosa avverrebbe se non vi fosse gravità?
2. Cosa avverrebbe se non vi fosse coesione?
3. Cosa avverrebbe se non vi fosse attrazione chimica?

COME AGISCA LA GRAVITÀ.

- Art. 8. — 1. Che intendete per il centro di gravità di un corpo?
2. Ogni corpo ha un centro di gravità?
3. Se un corpo è libero di muoversi, come dispone il suo centro di gravità?
4. Descrivete un metodo pratico per trovare il centro

- di gravità d'una lamina piana, di forma irregolare e pesante.
5. Si potrebbe seguire questo metodo se la lamina non fosse tutta piana? Date ragione della vostra risposta.
- Art. 9. — 1. Si dia un'idea della bilancia comune.
2. Perchè non potrebbe la bilancia avere il suo centro di gravità al di sopra del punto di sospensione intorno al quale essa oscilla?
 3. Cosa fa lo stilo di una bilancia oscillando dalle due bande della posizione definitiva?

I TRE STATI DELLA MATERIA.

- Art. 10 a 13. — 1. Nominate i tre stati della materia.
2. In quale di questi stati la materia possiede maggior coesione? In quale stato non ha coesione?
 3. Descrivete un esperimento che mostri come il mercurio sia alquanto coerente.
 4. Descrivete un'esperienza, che mostri come l'acqua sia alquanto coerente.
 5. Definite un solido.
 6. Definite un liquido.
 7. Definite un gas.

PROPRIETÀ DEI SOLIDI.

- Art. 14 a 18. — 1. È assolutamente impossibile di mutar la forma od il volume di un solido?
2. Cosa intendete per volume d'un solido?
 3. Enumerate i varj modi con cui potete cimentare la rottura od alterare la forma d'una spranga di ferro.

4. Descrivete un'esperienza, che mostra come l'incurvamento d'una verga sia pressochè proporzionale al peso applicato.
5. Un peso di due chilogrammi, applicato come nell'esperienza 9.^a, abbassa il centro della verga dell'undecima parte di un centimetro. Di quanto s'abbasserebbe il centro stesso pel peso di sette chilogrammi in simil modo applicati?
6. Descrivere un'esperienza, che dimostra come quando una verga vien così disposta da presentare maggiore altezza che non larghezza, riesce minimo l'incurvamento in corrispondenza all'applicazione di un dato peso.
6. Che s'intende per il *limite di ritorno* di un solido al primitivo stato?
8. Quali sono i due punti di vista che un architetto od un ingegnere deve tener presenti?
9. Definite l'*attrito* per mezzo di un'esperienza.
10. Che avverrebbe se non vi fosse attrito?

PROPRIETÀ DEI LIQUIDI.

- Art. 19. — 1. Un liquido manifesta una grande resistenza a mutare la sua figura?
2. Un liquido manifesta una grande resistenza a variare il suo volume? Chiarite la vostra risposta con un'esperienza.
- Art. 20. — 1. Descrivete un'esperienza, che dimostra come i liquidi trasmettono le pressioni.
2. Descrivete un'esperienza, che dimostra come i liquidi trasmettono le pressioni in tutte le direzioni.
 3. Chi scopri questa proprietà dei liquidi ora ricordata?

4. Descrivete un' esperienza, che dimostra come la pressione di un liquido contro uno stantuffo sia proporzionale all'area od alla superficie base dello stantuffo.
5. L'acqua preme contro la superficie di uno stantuffo a base quadrata, di cui un lato è di due centimetri, con una pressione di dieci chilogrammi, quale sarà la sua pressione contro la superficie di uno stantuffo, simile al primo di cui la base ha tre centimetri per lato?

Art. 21. — 1. Concetto e descrizione del torchio idraulico.

2. L'area di un ampio stantuffo d'un torchio idraulico, è ottanta volte più grande di quella d'uno stantuffo minore. Una forza di quindici chilogrammi viene comunicata allo stantuffo minore. Con qual forza si solleverà lo stantuffo maggiore?
3. Lo stantuffo grande di un torchio idraulico s'alzerà più che non s'abbassi il piccolo?

Art. 22 e 23. — 1. Descrivete un' esperienza che dimostra come la direzione della gravità è perpendicolare alla superficie di livello del mercurio e d'ogni altro liquido.

2. Abbozzate e descrivete il livello ad acqua.

Art. 24 e 25. — 1. Descrivete alcune esperienze che dimostrano come la pressione di un liquido è proporzionale alla profondità, e si esercita tanto dal basso all'alto che dall'alto al basso.

2. Se la pressione contro una superficie è di sei chilogrammi, a dieci metri sotto il livello di un lago, quale sarà la pressione contro la stessa superficie a venticinque metri sotto lo stesso livello?
3. La pressione ad una data profondità sarà differente in corrispondenza all'ampiezza d'un lago?

4. Come potete render manifesta questa pressione col sommergere una bottiglia ad una data profondità nell'acqua?

Art. 26 e 27. — 1. Definite coll'ajuto d'un' esperienza la spinta dell'acqua.

2. Fate un'esperienza, che mostri, come, sebbene un corpo *apparentemente* diventi più leggiero quando gravita sull'acqua, tuttavia non vi sia *reale* perdita di peso.
 3. Fate un'esperienza, che dimostri come, ogni qualvolta un corpo viene immerso nell'acqua, soffrirà una perdita apparente di peso, esattamente eguale al peso del proprio volume di acqua.
 4. Perchè un pezzo di ferro affonda nell'acqua?
 5. Perchè un turacciolo di sughero galleggia sull'acqua?
 6. Quand'è che un corpo nè affonderà nè galleggerà sull'acqua, ma rimarrà fermo in un punto qualunque della massa liquida?
- Art. 28 e 29. — 1. Che cosa intendete per densità specifica o *peso specifico* di un corpo?
2. Dichiarate questa definizione con qualche esempio.
 3. Un pezzo d'oro puro pesa nell'aria cinquantasette grammi e nell'acqua cinquantaquattro grammi; trovate il suo peso specifico.
 4. In qual occasione e da chi fu fatta la scoperta del metodo per determinare il peso specifico.
 5. Un pezzo d'oro, ch'è detto essere puro, pesa settantasei grammi nell'aria e settanta nell'acqua. È puro quest'oro? Date ragione della vostra risposta.
 6. Un pezzo di pietra pesa 200 grammi nell'aria e 150 grammi nell'acqua. Un altro pezzo della stessa pietra pesa 560 grammi nell'aria; quanto apparirà pesare nell'acqua?

- Art. 30. — 1. Quale dei liquidi presenta una spinta maggiore, il pesante od il leggiero?
2. Nominate un liquido sul quale galleggia il ferro.
3. Un uomo può più facilmente nuotare nell'acqua dolce o nell'acqua salata?
4. Nominate un bacino d'acqua in cui un uomo non affonderebbe facilmente.
- Art. 31. — 1. Ricordate alcuni casi in cui un liquido si innalza o si deprime rispetto al proprio livello.
2. Mostrare come questi fatti dipendono dalla particolare natura dei solidi e dei liquidi messi a contatto.

PROPRIETÀ DEL GAS.

- Art. 32 a 33. — 1. Qual'è il carattere distintivo fra un gas ed un liquido?
2. Che intendete per forza espansiva o tensione di un gas, e dichiarate la vostra definizione con qualche esempio.
3. Descrivete un'esperienza, che mostra come alcuni gas, presi sotto volumi eguali, sono più pesanti dell'aria.
4. Descrivete un'esperienza, che mostra come alcuni gas, presi a volumi eguali, sono più leggeri dell'aria.
5. È l'aria respinta od attratta dalla terra? Chiarite la risposta con un'esperienza.
6. L'oceano atmosferico preme su di noi contro la terra, giusto come l'oceano acqueo preme contro il fondo del mare?
7. Perché un pezzo di carta non vien premuto fortemente contro il tavolo, dal peso dell'aria sovrastante? Chiarite la vostra risposta con un'esperienza.
8. Descrivete un'esperienza, che mostri come l'aria esercita una spinta analoga a quella dei liquidi.

- Art. 36 e 37. — 1. Descrivete un barometro.
2. Chi l'inventò.
3. Qual'è l'altezza normale della colonna barometrica?
4. Questa colonna s'eleverà o s'abbasserà portando il barometro sulla cima di un alto monte?
5. Che intendete per *vuoto torricelliano*?
6. Come l'altezza della colonna di mercurio varia in generale collo stato del tempo?
- Art. 38. — 1. Che intendete per *stantuffo, cilindro, valvola*?
2. Descrivete sommariamente una pompa ad aria ed il suo modo d'agire.
3. La campana d'una pompa ad aria misura in volume 90^{cc}, mentre il cilindro misura 10^{cc}: che volume d'aria sarà uscita dalla campana dopo una corsa completa dello stantuffo?
- Art. 39 e 40. — 1. Se in luogo del mercurio fosse per un barometro adoperata l'acqua, la colonna sarebbe più lunga o più corta?
2. Prossimamente, quale sarebbe l'altezza della colonna di un barometro ad acqua?
3. Descrivete in breve la tromba ad acqua ed il suo modo d'agire.
4. Perché questa tromba non agisce più se la distanza fra la superficie dell'acqua nel serbatoio e la valvola inferiore è più grande di dieci metri e un terzo?
5. Perché la distanza, di cui è nell'esercizio precedente, dev'essere variata se la pompa è fatta agire sulla cima di un alto monte?
6. Qualche volta prima d'usare una pompa è necessario di gettare un po' d'acqua sullo stantuffo. Che scopo ha questo?
7. Descrivere in breve un sifone e mostrare come lo si usa.

CORPI IN MOTO.

- Art. 41 e 42. — 1. L'energia è una sostanza, ovvero un modo od un' *affezione* di una sostanza?
2. Che intendiamo quando si dice che una cosa è piena d'energia?
 3. Enumerate i più cospicui casi in cui una cosa è detta piena d'energia.
 4. Come misuriamo l'energia?
 5. Qual'è la nostra unità di lavoro?
 6. Quanto lavoro si sarà fatto nell'innalzare in opposizione alla gravità $5\frac{1}{2}$ chilogrammi per l'altezza di $10\frac{1}{2}$ metri?
 7. Un cannone, diretto verticalmente, lancia in alto una palla del peso di 200 chilogrammi, la quale s'eleva di 850 metri prima di cadere. Qual'è l'energia della palla?
- Art. 43. — 1. Una pietra, che pesa un chilogrammo, proiettata in alto colla velocità iniziale di 32 metri al secondo, s'innalza di 16 metri; quant'energia possiede?
2. Se una pietra del peso di quattro chilogrammi è proiettata in alto colla velocità, di cui è nell'esercizio precedente, a che altezza salirà, e di quant'energia sarà capace?
 3. Se una pietra del peso di tre chilogrammi è proiettata in alto con la velocità (doppia) di 64 metri al secondo, a quale altezza salirà e di quant'energia sarà capace?
 4. Una palla da cannone lanciata fuori colla velocità di 1000 metri al secondo perfora sei tavole di quercia;

quante tavole, come queste, perforerà una palla eguale quando venga lanciata colla velocità (doppia) di 2000 metri al secondo?

- Art. 44. — 1. Un leone, quand'è addormentato od in riposo, è totalmente privo d'energia? Se no, qual forma d'energia ha esso acquistato?
2. Portate un esempio che mostri come un mucchio di pietre può possedere energia per la sua posizione.
 3. Quand'è che un serbatoio di acqua possiede energia?
 4. Qual'è la forma d'energia che si mette a profitto da un molino a vento?
 5. Spiegare il vantaggio che l'energia di posizione ha sull'energia di movimento.

CORPI IN VIBRAZIONE.

- Art. 45. — 1. Dare un esempio sperimentale di un corpo in moto, che non cambia di posizione nel suo insieme.
2. Qual'è il nome dato a questo particolare modo di movimento?
 3. Un corpo in vibrazione trasmette una serie di urti all'aria che lo circonda.
 4. Quando quest'urto giunge alle nostre orecchie, come chiamiamo la sensazione prodotta?
- Art. 46 e 47. — 1. Date un esempio di un corpo che dà un sol urto all'aria.
2. Date un esempio di un corpo che dà una serie d'urti all'aria.
 3. Come chiamate la sensazione prodotta allorchè un sol urto percuote l'orecchio?

4. Come chiamate la sensazione prodotta quando una serie di urti percuote l'orecchio?
5. Qual'è la distinzione fisica fra una nota grave ed una acuta?
6. Date un esempio che dimostri come il suono è una forma d'energia, ed è capace di produrre lavoro.

Art. 48 e 49. — 1. Descrivete un'esperienza che provi come il suono abbisogna dell'aria per essere trasmesso all'udito.

2. Quando un cannone produce un urto contro l'aria, sono le individuali particelle d'aria così urtate dalla palla che di là da lontano vengono a percuotere l'orecchio d'un uomo alla distanza, cui ha udito il rumore?
3. Se questo non è, com'è trasmesso il moto alle sue orecchie? Spiegate la vostra risposta con un'esperienza.
4. Trarre esempio dal giuoco delle boccie per chiarire questo risultato.

Art. 50. — 1. Date una prova che il suono richiede tempo per andare dal cannone all'orecchio.

2. Con qual velocità il suono si propaga attraverso l'aria?
3. Con qual velocità il suono si propagherà nell'acqua?
4. Con qual velocità si propagherà attraverso il legno?
5. Un uomo ad una data distanza ode il rumore di un cannone cinque secondi e mezzo dopo che vide la luce, quanto è lungi dal cannone?

Art. 51. — 1. Date una spiegazione fisica dell'eco.

2. Descrivete un'esperienza che dimostra come il suono, allo stesso modo che la luce, può darci un fuoco.
3. Mettete in chiaro la proprietà del suono ricorrendo a qualche esempio.

Art. 52. — 1. Descrivete uno strumento col quale possiamo trovare il numero delle vibrazioni in un secondo corrispondenti ad una data nota.

CORPI CALDI.

Art. 53. — 1. Un corpo caldo è più pesante di un corpo freddo?

2. Un corpo caldo possiede più energia di un corpo freddo?
3. Se il calore è una forma di movimento, perchè non si vedono coll'occhio le particelle in moto di un corpo caldo?
4. Nei corpi in vibrazione vi sono due cose da studiarci, quali sono?
5. Nei corpi caldi vi sono due cose da studiare, e quali sono?

Art. 54. — 1. Descrivete un'esperienza che mostra come una spranga metallica s'allunga nel riscaldarsi.

2. Cos'avviene quando una palla di vetro ripiena d'acqua viene scaldata?
3. Cosa avviene quando una vescica per due terzi ripiena d'aria viene scaldata?

Art. 55 e 56. — 1. Descrivete nelle sue generalità lo strumento che è detto termometro a mercurio ed il suo modo di funzionare.

2. Descrivete il metodo per riempire e suggellare un termometro a mercurio.
3. Descrivete il metodo per graduare un termometro a mercurio centigrado.
4. Perchè quest'istrumento si chiama un termometro centigrado?

3. Di quanti gradi centigradi è la temperatura del nostro sangue?
- Art. 57 a 60. — 1. Si dilata più il vetro od il piombo?
2. Si dilata di più il platino o lo zinco?
3. Provate, a mezzo del termometro, che i liquidi s'espandono più che i solidi.
4. I liquidi si dilatano più o meno rapidamente ad alta od a bassa temperatura?
5. I gas si dilatano più dei liquidi?
6. I gas si espandono per un'altra ragione che non sia il calore?
7. Se una vescica non completamente ripiena d'aria ha un volume di 1000° a 0° , qual sarà il suo volume a 100° ?
8. Descrivete un'esperienza che mostra come i liquidi si dilatano con una forza enorme.
9. Mostratè come la forza di contrazione dovuta al raffreddamento è utilizzata nel fabbricare le ruote dei carri.
- Art. 61. — 1. Cos'intendete per calore specifico di un corpo?
2. Nominate una sostanza che ha un calor specifico molto grande.
3. Nominate una sostanza che ha un calor specifico molto piccolo.
4. Illustrate le vostre risposte dei due esercizi precedenti con un'esperienza.
- Art. 62 a 63. — 1. In qual ordine un corpo cambia di stato quando lo viene scaldato?
2. Un pezzo di ferro è al calor bianco, ma solido; un altro è fuso; qual'è il più caldo?
3. Un pezzo di ferro venne fuso ed un altro vaporizzato; quale fu riscaldato di più?

4. Nominate un liquido che non fu ancora agghiacciato.
5. Nominate un gas che non fu ancora liquefatto.
6. Possiamo fidarci del senso del tatto per giudicare della temperatura?
7. Cosa s'intende per una sostanza *refrattaria*? Nominarne una.
8. Qual'è il punto di fusione del ghiaccio pel termometro centigrado, e quale il punto d'ebollizione dell'acqua?
- Art. 65 a 68. — 1. Determinare le calorie di vaporizzazione dell'acqua con un'esperienza.
2. Se un chilogramma di ghiaccio a 0° è mescolato con un chilogramma d'acqua bollente (a 100°), la temperatura della miscela sarà maggiore o minore di 50° ?
3. Determinare le calorie di liquefazione del vapore con un'esperienza.
4. Se un chilogrammo di acqua ghiacciata a 0° viene mescolata con un chilogrammo di vapore a 100° , la temperatura della miscela sarà superiore od inferiore a 50° ?
5. Cos'intendiamo di dire che il calore di fusione dell'acqua è 79 calorie?
6. Cos'intendiamo di dire che il calore di liquefazione del vapore è 587 calorie?
7. Cos'avverrebbe in alcune regioni se il calore di fusione dell'acqua fosse molto piccolo?
8. Cos'avverrebbe se il calore di liquefazione del vapore fosse molto piccolo?
9. Descrivere un'esperienza che mostra come il vero vapore è invisibile.
- Art. 69 a 72. — 1. Stabilire la differenza fra l'*ebollizione* e l'*evaporazione*.
2. Da che dipende il punto d'ebollizione dell'acqua?

3. Il punto d'ebollizione sarà più alto o più basso alla sommità di una montagna? Perché?
4. Sarà esso più alto o più basso al fondo d'una miniera? Perché?
5. Descrivete un'esperienza che mostri l'influenza di una diminuzione nella pressione sul punto d'ebollizione.
6. L'acqua si dilata o si contrae passando dallo stato solido allo stato liquido? Date valore alla vostra risposta con un'esperienza.
7. Citate una sostanza che si comporta in modo opposto all'acqua per questo riguardo.
8. I corpi si dilatano o si contraggono passando dallo stato liquido a quello di gas?
9. Quale volume sarà occupato dal vapore prodotto da un centimetro cubo d'acqua vaporizzata?

Art. 73 a 75. — 1. Date un esempio del calore che promuove l'azione chimica.

2. L'azione chimica in generale produce calore?
3. Citare un esempio in cui la mescolanza di due corpi è accompagnata da un abbassamento di temperatura, e spiegare il risultato.
4. Perché un liquido che evapora rapidamente si raffredda intensamente?
5. Descrivere un'esperienza che mostri come l'acqua possa essere congelata in opera della sua propria evaporazione.

Art. 76. — 1. Il calore tende a distribuirsi sempre nello stesso modo?

2. In quanti modi differenti lo può fare?
3. Date un esempio di *conduzione*, di *convezione*, di *radiazione*.

Art. 77 e 78. — 1. Descrivere un'esperienza che mo-

8. Mostrare come una sola lente può essere adoperata ad ingrandire un oggetto piccolo.
8. Basterà una sola lente se l'oggetto è molto lontano?
9. In questo caso quale disposizione adatterete? D essa com'è chiamata?

Art. 85. — 1. Immaginiamo che della luce azzurra, rossa e verde cada insieme sovra un prisma n'escirà insieme?

2. Se no, in qual ordine ne verrà rifratta?
3. Di quali colori misti assieme è composta la luce bianca?
4. Fare un disegno che mostri come possiam ciò provare con un prisma.
5. Chi pel primo scoperse la natura composta della luce bianca?

6. Cos'è uno spettro? Chiarite la vostra risposta mediante un esperimento.

Art. 86 e 87. — 1. Se un fabbro percuote un pezzo di piombo con un pesante martello, che avviene dell'energia del colpo?

2. Che avviene dell'energia spesa a strofinare un bottone contro un pezzo di legno?
3. Mostrare evidente la conversione dell'energia d'una percossa in calore coll'esperienza di un fosforo.
4. Perché escon scintille dai freni di un convoglio ferroviario che va rallentando la sua corsa?
6. Date un esempio in cui il calore alla sua volta vien mutato in energia visibile.

CORPI ELETTRIZZATI.

Art. 88. — 1. Quale fu il primo fatto elettrico avvertito?

2. Quale scoperta fece il dott. Gilbert?
 3. Mostrare coll'esperienza che l'elettricità non può propagarsi egualmente nel vetro.
 4. Mostrare coll'esperienza che l'elettricità si propaga nei metalli.
 5. Come vengono chiamati il vetro ed i metalli in conseguenza di queste proprietà?
 6. Citare una serie di buoni e di cattivi conduttori.
- Art. 89 e 90. — 1. Descrivere un'esperienza che mostri esservi due specie di elettricità, tra loro opposte.
2. Come si comportano i corpi gli uni verso gli altri quando hanno la stessa elettricità? Come quando hanno elettricità opposte?
 3. Ricordare alcune esperienze, colle quali si dimostra che le due opposte elettricità si producono sempre insieme, e che esse sono tra loro equivalenti.
- Art. 90 a 94. — 1. Spiegare, ricorrendo ad un'esperienza, cosa s'intenda per *induzione elettrica*.
2. Descrivere e spiegare la scintilla elettrica.
 3. Disegnare l'elettroscopio a fogliette d'oro, e spiegare la sua funzione.
 4. Cos' avviene avvicinando alla palla di un elettroscopio, elettrizzato positivamente, una verga di vetro elettrizzata?
 5. Cos' avviene avvicinando un bastoncino elettrizzato di ceralacca?
 6. Se ad una macchina elettrica in azione avvicinate una sfera d'ottone isolata, ottenete una piccola scintilla; ma se la sfera è in comunicazione colla terra ottenete una scintilla lunga. Perché ciò?
 7. Se v'ha una punta unita alla sfera, di cui è nell'esercizio precedente, ottenete scintille? Perché ciò?
 8. Quale scoperta fu fatta da Franklin?

- stri come un metallo conduca meglio del vetro il calore.
2. La lana e le piume sono buoni o cattivi conduttori del calore?
 3. Quando siffatti corpi mantengono il calore?
 4. Quando tali corpi preservano dal calore?
 5. Descrivere un'esperienza che mostri come il rame sia miglior conduttore del ferro.
 6. Qual'è la differenza caratteristica fra conduzione e convezione?
 7. Dire della direzione delle correnti in un vaso d'acqua riscaldato al di sotto.
 8. Spiegare l'effetto della convezione nel ritardare il gelamento d'un lago.
 9. Dare un esempio della convezione nell'aria.
 10. Spiegare l'*andamento* dei venti.

LUCE PRODotta DAI CORPI CALDI.

- Art. 79 e 80. — 1. Con quale procedimento il calore del sole percuote la terra?
2. Una caldaja contenente acqua calda emette calor radiante?
 3. Che sorta di cambiamento ha luogo nella natura dei raggi emessi da un corpo, mentre si va più riscaldandolo?
 4. Chi stabilì pel primo la velocità colla quale cammina la luce?
 5. Descrivere nella sua generalità il modo con cui fu fatta la scoperta.
 6. Con qual velocità cammina la luce?
 7. Se il sole improvvisamente si estinguesse, quanto

Il tempo trascorrerebbe prima che noi ce ne accorgessimo?

8. La luce consta di particelle lanciate fuori dai corpi luminosi? Se no, qual'è la sua natura?

Art. 81. — 1. Mettere in chiaro la riflessione della luce con un'esperienza.

2. Enunciare la legge della riflessione.

3. Disegnare alcune lettere dell'alfabeto e le loro immagini date da uno specchio piano.

4. Che sorta d'immagine delle cose esterne avete nella bolla lucida di un termometro?

5. Descrivere un'esperienza fatta con due specchi concavi.

Art. 82. — 1. Chiarire la rifrazione della luce con un'esperienza.

2. Disegnare la direzione di un raggio di luce prima, durante e dopo il suo passaggio attraverso una lastra piana di vetro.

3. Disegnare la stessa quando il vetro è foggiato come un cono o come un *prisma*.

4. La luce è inflessa verso o lungi la base del cono?

Art. 83 e 84. — 1. Disegnare una lente quale si presenta all'apparenza sul tavolo.

2. Disegnare una lente quale si presenta, se veduta a perpendicolo.

3. Mostrare l'analogia fra una lente ed un *prisma*.

4. Mostrare con un disegno come una lente rifrangano un fascio di raggi paralleli provenienti da una data distanza, i quali cadano su di essa.

5. Come una lente deve essere usata per abbruciare i corpi?

6. Mostrare come una lente è adoperata da un fotografo.

Art. 95 e 96. — 1. Disegnare all'ingrosso la macchina elettrica, e descrivere il suo modo d'agire.

2. Disegnare la bottiglia di Leida e descrivere il suo modo d'agire.

3. Disegnare l'eccitatore e descrivere il suo uso.

Art. 97. — 1. Provare che l'elettricità è una forma di energia.

2. In un lampo è elettricità che avvertite? Se no, cos'è esso?

3. Perchè una macchina elettrica è resistente al ruotare?

Art. 98 e 99. — 1. Disegnare la batteria di Volta e descrivere la sua azione.

2. Cosa s'intende per reoforo d'una batteria?

3. In quale direzione si suppone circolare la corrente positiva lungo un circuito chiuso?

4. Disegnate una batteria di Grove, e descrivete la sua azione.

Art. 100 e 101. — 1. Come potete scaldare un filo di platino con una corrente elettrica?

2. Come decomponete l'acqua con tale corrente?

3. Se l'acqua è decomposta, a qual polo si svolgeràà l'ossigeno? a quale l'idrogeno?

4. Come la corrente elettrica può far operare il ferro con una calamita?

5. Il ferro dolce si conserva calamita dopo che ha cessato la corrente?

6. Che s'intende per un *magnete*?

7. Come si dispone un magnete per rispetto ad una corrente?

8. Spiegate come diventa possibile un telegrafo elettrico.

FINE.

MANUALI HOEPLI

Serie Pratica

Legati a L. 2.

dulterazione e falsificazione degli alimenti, di L. GABBA.
Alimentazione, di G. STRAFFORRELLLO.
Atlante geografico-universale, di R. KIEPERT, con testo di B. *Malfatti*, 5^a ediz. di 25 tav.
Apicoltura, di G. CANESTRINI, con 32 incisioni.
Arte mineraria, di V. ZOPPETTI, con 13 tavole.
Bachi da seta, di TITO NENCI, con 41 inc. e 2 tavole lit.
Bibliografia, di G. OTTINO, con 41 incisioni.
Caseificio, di L. MANETTI, con 13 incisioni.
Colori e vernici, di G. GORINI.
Concia delle pelli, di G. GORINI.
Conserve alimentari, di GORINI.
Enologia, di O. OTTAVI, 12 inc.
Frumento e Mais, di G. CANTONI, con 13 incisioni.
Galvanoplastica, di R. FERRINI, 2 volumi con 45 incisioni.
Geometria pratica, di G. EREDE, con 124 incisioni.
Imbalsamatore, di R. GESTRO, con 30 incisioni.
Industria della seta, di L. GABBA.

HOGUES L., Esercizi geografici e quesiti sull'Atlante geografico universale di Kiepert-Malfatti, 2^a edizione concordante colla 5^a dell'Atlantico, L. 1.
(Pubblicato come appendice all'Atlante di Kiepert.)

ULRICO HOEPLI, Editore-Libraio, Milano - Pisa - Napoli.

Infezione, disinfezione, disinfettanti, di ALESSANDRI, con inc.
Insetti utili, di F. FRANCESCHINI, con 43 inc. e 1 tavola.
Interesse e sconto, di E. GAGLIARDI.
Macchinista e fuochista, di G. GAUTERO, con 23 incisioni.
Metalli preziosi, di G. GORINI, con 9 incisioni.
Naturalista viaggiatore, di ISSEL-GESTRO, con molte incisioni.
Olii, di G. GORINI, con 7 incisioni.
Piante industriali, di G. GORINI.
Piccole industrie, di A. ERRERA.
Pietre preziose, di G. GORINI, con 12 incisioni.
Prato (il), di G. CANTONI, con 13 incisioni.
Tabacco, di G. CANTONI, con 6 incisioni.
Tecnologia e terminologia metalurgica, di G. SACCHETTI.
Telefono di D. V. PICCOLI con 38 incisioni.
Tintore, di R. LEPETIT.
Viticoltura razionale, di O. OTTAVI, con 22 incisioni.

MANUALI HOEPLI

Serie Artistica

Legati a L. 2.

Architettura Italiana di ALFREDO MELANI, 2 vol. con 142 vignette L. 4 -
I. Architettura Pelasgica, Etrusca, Italo-greca e Romana.
II. " Medievale, del Rinascimento, del Cinquecento, Barocca, del Settecento e Contemporanea.
Scultura Italiana antica e moderna, di ALFREDO MELANI, 1 vol. • 4 -
doppio con 56 tavole e 26 figure intercalate
Pittura Italiana antica e moderna, di ALFREDO MELANI, 2 vol. • 6 -
illustrati

MANUALI HOEPLI

Speciali.

MANUALE DELL'INGEGNERE

CIVILE E INDUSTRIALE

del Prof.

GIUSEPPE COLOMBO

7^a edizione. 1885, con 177 figure di nuovo incise, pag. XIV-330

L. 5. 50

Kröhnke G., Manuale pel tracciamento delle curve delle Ferrovie e Strade carrettiere, calcolato nel modo più accurato per tutti gli angoli e i raggi, tradotto da L. Loria L. 2 50

Grotte, Manuale di filatura, tessitura e tintoria, con 103 incisioni. Traduzione eseguita sulla 2^a edizione tedesca, arricchita di numerose aggiunte, nonchè di un'Appendice contenente un Elenco degli Attestati di privativa riguardanti le industrie tessili; una Raccolta di Tabelle, Dati numerici, Cenni descrittivo sui filatoi ad anello; Vocabolario tecnologico delle lingue italiana, francese, tedesca ed inglese riguardante le industrie tessili. Elenco di opere riguardanti queste industrie. Legato eleg.

Poloni, Magnetismo ed Elettricità, con 101 fig., legato eleg. L. 2 50

ULRICO HOEPLI, Libraio-Editore, Milano - Pisa - Napoli.

MANUALI HOEPLI

illustrati e rilegati.

—0—

La Collezione dei Manuali Hoepli inaugurata col proposito di render popolari i principii delle Scienze e proseguita con lieta fortuna fino ad oltre cento volumi in pochissimi anni col concorso dei più distinti scienziati, si suddivide in alcune Serie secondo le materie trattate, come segue:

SERIE SCIENTIFICA

a Lire 1.50

che abbraccia le scienze propriamente dette, ed alcune più importanti loro applicazioni;

SERIE PRATICA


a Lire 2.—

contenente una raccolta di volumi che trattano di industria, di nozioni utili nella vita pratica;

SERIE ARTISTICA

a Lire 2.—

Questa abbraccia per ora l'Architettura, la Pittura, la Scultura, e si estenderà man mano ad argomenti congeneri.

 L'Elenco per esteso si trova nelle ultime pagine di ciascun volumetto.

MANUALI SPECIALI.

—0—

Sotto questa denominazione generica abbiamo finora:

Manuale dell'Ingegnere civile e industriale del Prof. G. Colombo ristampato quasi ogni anno . . .	L. 5.50
Manuale per Tracciamento delle Curve, di Kröönke- Loria	„ 2.50
Magnetismo ed Elettricità di Poloni	„ 2.50
Manuale di Filatura, tessitura e tintoria di Grothe (altri in lavoro).	„ —