BAROMETRO CAMPIONE MOLTIPLICATORE DEL DOTT.
STANISIAO VECCHI.

Il progresso delle Scienze fisiche è necessariamente legato coll'esattezza dei mezzi di cui ci serviamo onde misurare le grandezze dei fenomeni. Di questa verità si sono profondamente convinti i fisici moderni; ed è con vivo interesse che assistiamo al rapido perfezionarsi di tanti strumenti di precisione. Così si vede il Froment, dividere in mille parti la grossezza già tanto piccola di un millimetro; e si costruiscono bilancie sensibilissime colle quali, sopra pesi di due o tre chilogrammi, si determinano con certezza, differenze minori di un milligrammo; se poi si ricorre all'analisi chimica, si misurano quantità di materia minori di 0,005 di milligrammo. E da non molto tempo si possiede uno strumento di una meravigliosa sensibilità, cioè lo spettroscopio, col quale si riconosce immediatamente l'esistenza, in una grande stanza, di una quantità di sodio o di sale marino non maggiore di un diecimillesimo di milligrammo. Mirabili progressi si sono fatti anche nella determinazione del tempo; sicchè, con perfetti cronometri, si misura il sessantesimo di secondo; e collo specchio rotante di Wheatstone, il milionesimo di secondo.

Non restano però soddisfatti per questo i bisogni tutti della fisica, a cui, col numero delle sue scoperte, aumenta il campo

sterminato delle sue osservazioni, e nuovi strumenti essa reclama ogni giorno. Così fino ad ora aspetta, senza frutto, un apparecchio per misurare esattamente e con facilità le altezze barometriche.

È vero che, nei barometri fissi e facendo uso del catetometro, si arriva a determinare la pressione rappresentata da un cinquantesimo di millimetro di mercurio; ma oltre che questo metodo è molto incomodo, non può essere usato fuori di un osservatorio; e si adopera d'ordinario, specialmente nelle livellazioni barometriche, ove si richiede tanta esattezza, il barometro Fortin, il quale, benchè sia il più esatto dei barometri trasportabili conosciuti, non può garantire il decimo di millimetro.

Si sono fatti tentativi per ingrandire le variazioni delle altezze barometriche onde meglio misurarle, ma non si è ancora dato uno strumento in cui non fosse illusoria questa maggiore esattezza; giacchè i proposti, detti *moltiplicatori*, abbisognano di essere regolati con un barometro ordinario, preso come campione.

Su questo bisogno di una più accurata misura delle altezze barometriche, veniva richiamata la mia attenzione, sui primi dello scorso mese, dall'amico mio il Dott. Marangoni; ed oggi io sono lieto di poter dare alla scienza un nuovo barometro trasportabile, capace di dare le pressioni a meno di un quarantesimo ed anche di un centesimo di millimetro di mercurio e, ciò che è importantissimo da notarsi, la misura della pressione si ottiene con somma semplicità, leggendo la sola altezza di una colonna liquida, senza che vi sia bisogno, come nei moltiplicatori conosciuti, di paragonare le altezze date da questo barometro con quelle di altri. Esso è veramente un barometro campione, in cui le variazioni delle altezze barometriche riescono ingrandite e quindi misurabili con maggiore esattezza.

Su questo barometro si sono già fatte esperienze al Regio Museo di fisica e di storia naturale di Firenze, dal Marangoni, per ordine dell'illustre Senatore Matteucci; e si ottennero buonissimi risultati. Io mi tengo anzi in dovere di qui ringraziarli pubblicamente, per avere così contribuito a meglio accertare l'esito di uno strumento che porterà notevoli vantaggi.

Ma senza più verrò al nuovo barometro.

La prima idea che corre alla mente nella ricerca di un barometro che dia ingrandite, più che nell'ordinario, le variazioni della altezza rappresentante la pressione atmosferica, è quella di sostituire al mercurio un altro liquido più leggero, p. e. acqua; ma così facendo, il barometro riescirebbe incomodissimo per la sua lunghezza. Bisogna dunque fare in maniera che le variazioni barometriche siano segnate da variazioni di altezza di una colonna liquida più leggera del mercurio; ma che tutta la pressione atmosferica non sia equilibrata dallo stesso liquido; bisogna in somma fare un barometro in cui la pressione atmosferica sia, per una sua parte costante equilibrata da una colonna di mercurio, mentre il resto lo sia da una colonna di liquido più leggero. Importa anche riflettere che dei due liquidi, quello che deve terminare colla sua superficie libera nella camera vuota barometrica deve essere il mercurio perchè se si mettesse l'altro liquido, che ammetteremo sia acqua, sarebbe sempre a fare, oltre alle altre, la correzione dovuta alla tensione del vapore prodottosi nella camera stessa.

Il nuovo barometro è rappresentato dalla qui unita figura. (*Tav. I*). Esso è composto essenzialmente di un tubo ricurvo ad U disposto verticalmente, di cui una branca, che è chiusa, e che contiene la camera barometrica, e una parte dell'altra, aperta, contengono mercurio; mentre nella seconda branca, al disopra del mercurio, vi si trova dell'acqua. Un poco superiormente al posto ove l'acqua si sovrappone al mercurio, avvi un tubo di derivazione con una pompa di cui il meccanismo è rappresentato nell'unito spaccato. Si compone presso a poco come quella del barometro di Fortin; solamente, invece della pelle di camoscio è sostituita della gomma. Questa pompa, contenente acqua, serve ad aumentare o a diminuire l'altezza della colonna liquida nella branca aperta. Il moto dell'embolo si ottiene quando le corse sono un poco grandi, direttamente colla mano; quando piccole moltò, per mezzo del rocchetto disegnato nella figura. Nella manovra di questa pompa converrà che sia limitato ad una data posizione l'inalzamento dell'embolo per impedire che si introduca dell'aria entro al corpo di tromba. Questo barometro è posto sopra una tavoletta sostenuta da un piede a tre viti, per mezzo delle quali e di un pendolo, come

vedesi, riunito alla tavoletta, si può verificare la necessaria verticalità dell'istrumento. La colonna *ac* di mercurio nella branca obiusa, essendo il punto *c* sul piano orizzontale che è determinato dalla superficie affettata dal mercurio in *e*, deve fare equilibrio e alla pressione atmosferica corrispondente alla superficie libera della colonna d'acqua, e alla colonna d'acqua *ef* che si trova nel tubo aperto.

Suppongo che l'equilibrio esista e che la superficie libera in *a* della colonna di mercurio arrivi a collimare esattamente con una punta metallica o meglio di smalto che, come vedesi nella figura, ivi è posta, e che serve a determinare con estrema esattezza l'altezza della colonna.

Se, per una causa qualunque, la pressione atmosferica viene ad essere alterata, succederà che le colonne liquide si disporranno in un nuovo stato di equilibrio, l'una abbassandosi ed alzandosi l'altra; ma per mezzo della pompa si potrà aumentare o diminuire la colonna d'acqua sino a che la colonna di mercurio si rimetta nelle identiche condizioni di prima: ciò fatto egli è evidente che la variazione della colonna d'acqua rappresenta la variazione della pressione atmosferica; un aumento nella colonna accenna ad una diminuzione della pressione stessa, e viceversa. Le variazioni saranno così molto più sensibili che nel barometro a mercurio ordinario; poichè la densità dell'acqua a 4° sta a quella del mercurio a 0° come 1 : 13,59593; e le altezze delle colonne rappresentative delle pressioni, stanno fra loro in ragione inversa delle rispettive densità.

L'altezza della colonna *ac* di mercurio può essere per una volta tanto, ad una data temperatura, misurata col catetometro con un errore a meno di un cinquantesimo di millimetro: per le temperature diverse si può facilmente determinare senza misure ulteriori la corrispondente altezza; dunque, misurata una volta al catetometro la colonna *ac* di mercurio, essa sarà sempre conosciuta ed a meno di un cinquantesimo di millimetro; si conosce inoltre, a qualunque temperatura, anche la densità del mercurio; e quindi il peso o meglio la pressione dovuta alla colonna stessa: la colonna d'acqua si può misurare a meno di un decimo di millimetro ad ogni osservazione; cioè con

una differenza capace di tale pressione che ridotta in mercurio sarebbe data da $\frac{0^{\text{mm}},1}{13,59593}$. L'errore massimo nella misura della pressione data da questo barometro, ridotta in mercurio, è dunque di millimetri $\frac{1}{50} + \frac{0,1}{13,59593}$ eguale circa ad un quarantesimo.

Che se con questo barometro non si volesse misurare tutta la pressione atmosferica, ma le sue variazioni soltanto, queste si otterrebbero con un errore massimo di un'estrema piccolezza, poichè rappresentandolo con una colonna di mercurio, essa sarebbe alta $\frac{0^{\text{mm}},1}{13,59593}$, cioè minore di un centesimo di millimetro.

Il nuovo barometro posto a confronto con quello di Fortin, adoperato con tutta la massima cura, ha sempre il vantaggio di ridurre l'errore temibile ad un quarto nella misura delle intere colonne barometriche; e a meno di un decimo nella misura delle variazioni; per cui in questo caso riesce anche più esatto del barometro fisso a catetometro.

Quanto alle dimensioni devono essere tali che la colonna attiva *ac* di mercurio sia un poco maggiore della corrispondente alla massima pressione che si vuole misurare, e la massima altezza della colonna *ef* d'acqua, equivalga alla differenza fra la pressione massima e la minima che il barometro deve poter misurare.

Le dimensioni della pompa si desumono immediatamente da quello che ora si è detto.

In quanto alle posizioni in cui il diametro del tubo aumenterà avrò occasione di parlarne più innanzi.

Questo barometro è anche facilmente trasportabile, poichè basta chiudere perfettamente con un tappo la estremità superiore della branca aperta del tubo, quando essa sia tutta riempita d'acqua, e poscia, per mezzo della pompa, spingere nuova acqua nel tubo, fino a che il mercurio riempia totalmente la camera barometrica: dovrà per questo l'allargamento più alto del tubo essere non molto lungo, onde poter essere riempito con una parte del mercurio che si trova nell'allargamento più basso.

Che tutto il mercurio che è nell'allargamento inferiore non debba essere scacciato in questa manovra è di una importanza capitale. Il vetro è bagnabile dall'acqua e non dal mercurio; per cui facilmente l'acqua, trascinandosi fra il mercurio ed il vetro, può portarsi nella camera barometrica e quindi alterare affatto l'esattezza dello strumento; questo inconveniente non può togliersi che interrompendo la strada percorsa dall'acqua, come si è visto. Tale difficoltà che si incontra in tutti i barometri a sifone, poichè anche l'aria per la stessa via può introdursi nella camera barometrica, non fu mai tolta fino ad ora; ed io richiamo l'attenzione dei lettori sopra la semplicissima modificazione che ho introdotto per togliere questo grave inconveniente. Faccio il fondo dell'allargamento inferiore del tubo di ottone amalgamato, il quale essendo bagnabile dal mercurio interdice assolutamente il passaggio dell'acqua.

Prima di andare oltre, m'importa di far osservare che questo barometro non devesi punto confondere con quello di Huyghens che può vedersi descritto nella fisica del Müller (*Lehr-buch der Physik und Meteorologie*, pag. 174); poichè in esso l'esattezza delle indicazioni dipende dalla maggiore o minore calibricità dei tubi che lo compongono; eppoi, come tutti gli altri barometri moltiplicatori, deve essere campionato con un barometro ordinario; non può quindi essere più esatto di questo, come già osservai in principio.

Fatta così la descrizione della forma e dell'uso del nuovo barometro, passerò alle correzioni che sono necessarie, come in tutti gli altri, e che dipendono dalla capillarità e dai cambiamenti di temperatura.

Supponiamo che la superficie libera del mercurio nella camera barometrica, collimi esattamente colla punta ivi posta.

Sia P la pressione atmosferica sulla superficie libera dell'acqua; l, l', l'', l''' le lunghezze, alla temperatura t , rappresentate nella figura rispettivamente da bc, cgd, ab, de ; ρ il peso specifico del mercurio; ρ' quello dell'acqua; c la correzione della capillarità per l'acqua: quelle del mercurio, e dell'acqua e mercurio sovrapposti, sono eliminate dalla presenza degli allargamenti, che dovranno essere di dimensioni convenienti. L'aver eliminate queste correzioni è di somma im-

portanza, poichè non è costante l'angolo di raccordamento del mercurio col vetro, mentre è sempre di 180° quello dell'acqua e vetro, e si sa che l'effetto della capillarità dipende da quest'angolo.

Sia ancora a il numero dei millimetri che rappresentano l'altezza della colonna d'acqua contati sulla scala segnata nel tubo, di cui lo zero è sul piano orizzontale che separa la colonna d'acqua da quella di mercurio, quando l'apparecchio è a 0° di temperatura; sia v lo spostamento assoluto dello zero, che avviene ne' cambiamenti di temperatura, per la dilatazione apparente del mercurio; infine s il coefficiente per cui bisogna moltiplicare il numero a , poichè la scala è esatta soltanto a 0° .

Si avrà :

$$P = (l + l'') \rho - (a \rho' s - c - v).$$

Ma se k è il coefficiente di dilatazione apparente del mercurio, h quello di dilatazione assoluta, m il numero delle volte che l'area della sezione del tubo è contenuta in quella degli allargamenti, λ il coefficiente di dilatazione lineare del vetro, e se, apponendo l'indice o alle lettere già accennate, si intende che rappresentino i valori che le quantità da esse indicate hanno a 0° , si ha :

$$l + l'' = (l_o + l_o'') (1 + \lambda t) - (l_o + l_o') \frac{kt}{m} - (l_o'' + l_o''') kt,$$

ed inoltre :

$$\rho = \frac{\rho_o}{1 + ht};$$

si ha ancora come insegnò Hällström :

$$\rho' = \rho_o' (1 + rt - nt^2 + pt^3),$$

in cui :

$$r = 0,000052939, \quad n = 0,0000065322, \quad p = 0,00000001445;$$

e finalmente si ha ancora :

$$s = 1 + \lambda t \quad , \quad v = (l_o + l_o') \frac{k t}{m} + (l_o'' + l_o''') k t ;$$

quindi sostituendo :

$$P = \left\{ (l_o + l_o'') (1 + \lambda t) - (l_o + l_o') \frac{k t}{m} - (l_o'' + l_o''') k t \right\} \frac{\rho_o}{1 + h t} \\ - \left\{ a \rho_o' (1 + r t - n t^2 + p t^3) (1 + \lambda t) - c - (l_o + l_o') \frac{k t}{m} - (l_o'' + l_o''') k t \right\} .$$

Nessuno si spaventi di codesta formola, noi passiamo subito a semplificarla e di molto.

Raccogliamo i seguenti termini che contengono kt e λt mettendoli sotto la forma :

$$k t \left\{ \frac{l_o + l_o'}{m} + l_o'' + l_o''' \right\} + \frac{\rho_o k t}{1 + h t} \left\{ (l_o + l_o'') \frac{\lambda t}{k t} - \frac{l_o + l_o'}{m} - (l_o'' + l_o''') \right\}$$

ed osserviamo che il coefficiente totale di kt contiene l'arbitraria m , che si potrà determinare nella condizione che esso sia nullo, o almeno di tale piccolezza, da essere assolutamente trascurabile anche di fronte alle quantità minime di cui si è costretti a tener conto.

Il detto coefficiente sarà zero anche se si moltiplica per $1 + ht$; si avrà dunque :

$$\left(\frac{l_o + l_o'}{m} + l_o'' + l_o''' \right) (1 + h t) + \rho_o \left\{ (l_o + l_o'') \frac{\lambda}{k} - \frac{l_o + l_o'}{m} - (l_o'' + l_o''') \right\} = 0 ;$$

e trascurando il prodotto :

$$h t \left(\frac{l_o + l_o'}{m} + l_o'' + l_o''' \right) ,$$

resta per ultimo :

$$(1 - \rho_0) \left\{ \frac{l_0 + l'_0}{m} + l''_0 + l'''_0 \right\} + \rho_0 (l_0 + l''_0) \frac{\lambda}{k} = 0 ;$$

equazione che resta soddisfatta quando

$$m = \frac{(\rho_0 - 1) (l_0 + l'_0)}{\rho_0 (l_0 + l''_0) \frac{\lambda}{k} - (\rho_0 - 1) (l''_0 + l'''_0)}$$

valore di m che permette di soddisfare, determinando convenientemente l_0, l'_0, l''_0, l'''_0 , alle condizioni già imposte alle porzioni allargate del tubo.

Supponiamo infatti $l_0 = 0^m,80$, $l'_0 = 0^m,20$, $l''_0 = 0^m,005$, $l'''_0 = 0,025$; e ricordiamo che $\rho_0 = 13,596$, $\lambda = 0,000008969$; k , che è il coefficiente di dilatazione lineare del mercurio, lo riterremo, come fu dato da Dulong e Petit, nel numero $\frac{1}{6480} = 0,000154$. Sostituendo questi valori avremo :

$$m = \frac{12,596}{13,596 \times 0,805 \times \frac{0,008969}{0,154} - 12,596 \times 0,03} = 49 \text{ circa.}$$

Ora facciamo il diametro dell'allargamento eguale a 30^{mm} ; se chiamiamo x quello del tubo contenente la colonna di mercurio si avrà :

$$30^3 : x^3 :: 49 : 1 ,$$

da cui $x = \sqrt[3]{\frac{30^3}{49}} = \frac{30}{7} = 4^{\text{mm}},28$; numero assai conveniente.

Con l'artificio qui sopra adoperato, in somma, si è fatto in maniera che l'effetto dell'allungamento del tubo l_0 , risulti distrutto da quello prodotto dall'innalzamento del mercurio nell'allargamento inferiore del tubo.

La formola delle correzioni si riduce così alla seguente

$$P = \frac{(l_0 + l_0'')\rho_0}{1 + ht} - a\rho_0'(1 + rt - nt^2 + pt^3)(1 + \lambda t) + C.$$

L'uso di questa formola può essere di molto semplificato formando una tavola di due colonne, delle quali nella prima fossero notati per i valori di t , di decimo in decimo di grado, i valori di $\frac{\rho_0}{1 + ht}$; e nella seconda quelli di $\rho_0'(1 + rt - nt^2 + pt^3)(1 + \lambda t)$; cosicchè chiamando con A i valori della prima colonna e con B quelli della seconda, la pressione corretta cercata sarebbe per un barometro qualunque:

$$P = A(l_0 + l_0'') - Ba + C;$$

formola di una semplicità inaspettata se ripensiamo un momento al modo con cui la formola delle correzioni si è presentata al primo momento.

Non sarà inutile di ricordare che la pressione ottenuta così si riferisce all'estremità superiore della colonna d'acqua che si trova, al variare delle pressioni, ad altezze differenti. Volendosi adunque avere la pressione riferita sempre a un piano fisso, che noi supporremo sia quello di separazione dell'acqua dal mercurio. Converrà alla pressione ottenuta dalla formola precedente aggiungere la pressione dovuta a una colonna d'aria alta quanto la colonna d'acqua e alla pressione determinata in precedenza.

Questa correzione è indispensabile in un istrumento tanto preciso quanto il presente. Ritenendo sempre l'ipotesi fatta, ed esprimendo la correzione in millimetri di mercurio, sarebbe data da:

$$\frac{aP}{10446 \times 760}.$$

Importa ora di non trascurare alcune quistioni importantissime.

E prima di tutto; si potrebbe dubitare se per la diversa conduttibilità del mercurio e dell'acqua che entrano nel barometro si possa ritenere che i due liquidi siano alla stessa temperatura; poichè sembra naturale che, a pari volume e forma, debba essere in ritardo della temperatura attuale dell'ambiente quel liquido che è meno conduttore: ma se si riflette che nel mercurio, molto più conduttore dell'acqua, è tanto minore la mobilità; si arriverà forse a persuadersi che facendo i tubi, del mercurio e dell'acqua, di egual diametro, la temperatura debba essere la stessa nei due liquidi, che potrebbero benissimo essere tutti e due in ritardo delle variazioni di temperatura nell'ambiente in cui sono posti: che se questa osservazione non fosse creduta sufficiente, basterebbe prendere due tubi, di eguale diametro e ripieni, l'uno di mercurio, l'altro d'acqua, ed osservare gli andamenti di due termometri immersi nei due liquidi e perfettamente comparabili, per le variazioni di temperatura che avvengono nell'atmosfera. Se i due termometri non andassero in perfetto accordo, non vi sarebbe che a diminuire convenientemente il diametro di quel tubo in cui vi fosse il termometro in ritardo.

Un'altra osservazione importante molto è che si trascura troppo di fare è quella di determinare quale diametro debba avere il bulbo del termometro, che necessariamente deve essere unito al barometro, perchè la temperatura da esso indicata sia precisamente quella dei due liquidi; il che importa assai per le correzioni da farsi alle densità dei due liquidi stessi. Generalmente si adoperano termometri col diametro del serbatoio molto minore di quello del tubo barometrico; per cui essi non danno la temperatura vera del mercurio del barometro, riducendosi essi più presto alla temperatura ambiente, e quindi riescono inesatte le correzioni delle densità specialmente se le osservazioni vengono fatte in luogo in cui la temperatura non sia troppo costante.

Per determinare questo raggio del bulbo, che supporremo sferico per meglio tener conto della irradiazione della sua superficie, ammettiamo che, onde le velocità di raffreddamento siano le stesse, debba essere eguale il rapporto tra le superficie e le masse per una stessa sostanza, e si chiami con r il dia-

metro del bulbo del termometro, con r quello del tubo del mercurio; si dovrà avere:

$$\frac{2}{3} r'^3 : r^3 :: r'^3 : r^3 ,$$

come si deduce osservando i rapporti esistenti fra una sfera ed un cilindro dello stesso diametro, essendo l'altezza del cilindro eguale al diametro medesimo; da questa proporzione si ricava

$$r' = \frac{3}{2} r .$$

Potrebbeasi anche obiettare che la pompa contenendo una massa d'acqua di dimensioni molto forti relativamente al diametro del tubo, quell'acqua dovrà essere in ritardo nelle variazioni di temperatura; ma questo male può togliersi facendo la tromba piuttosto schiacciata, come si è appunto indicato colla sezione pq nella figura, ed avendo sempre l'avvertenza di tenere il tubo contenente l'acqua ripieno in totalità; così, almeno l'acqua della quale è necessario tener conto nel determinare la pressione atmosferica, avrà la giusta temperatura.

Il nuovo barometro per il principio sul quale si fonda, e per le tante avvertenze accennate, è reso il più esatto di tutti i barometri trasportabili finora conosciuti quando si adopera nella misura delle totali altezze barometriche, più esatto di tutti i barometri, anche fissi, nella misura delle variazioni di tali altezze. Esso porterà non lievi vantaggi alla meteorologia che oggi, per l'impulso d'uomini valentissimi, tanto in Italia che fuori fa progressi abbastanza rapidi, se pensiamo alle complicatissime quistioni che essa si propone; ed uguali utilità ed anche maggiore porterà nelle livellazioni barometriche, rendendole più esatte d'assai di quello che non siano state fino ad ora.

Parma 13 Novembre 1867.