

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIX.

1902

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1902

Fisica. — *Sulla misura delle variazioni e del valore assoluto della pressione atmosferica mediante il ludione.* Nota di G. GUGLIELMO, presentata dal Socio BLASERNA.

I metodi che sono stati proposti per dedurre le variazioni della pressione atmosferica da quelle del volume d'una certa quantità d'aria sottoposta a questa pressione, credo che possano ridursi ai tre seguenti:

1°. Osservazione diretta di questa variazione di volume, l'aria essendo contenuta in una bolla comunicante con un tubo quasi capillare, nel quale si trova una colonnetta liquida che separa quest'aria dall'aria esterna e che coi suoi spostamenti indica e misura le variazioni di volume.

2°. Osservazione della variazione della spinta che subisce quest'aria, essendo la medesima contenuta in un ludione, o campanella, il quale è immerso in un liquido ed è foggiato e galleggia a guisa d'areometro, oppure va a fondo ed è appeso al braccio d'una bilancia di qualsiasi specie.

3°. Misura con un manometro ad aria libera, p. es. ad acqua, della pressione positiva o negativa che bisogna aggiungere alla pressione atmosferica, perchè la pressione risultante riconduca il volume o la spinta suddetta a un valore costante, corrispondente p. es. alla pressione media locale. In tal modo le indicazioni del manometro danno direttamente le deviazioni della pressione atmosferica dalla pressione media suddetta; non occorre nessun calcolo, nessuna determinazione preliminare, nessun confronto con un altro barometro.

Questi metodi danno solo le variazioni della pressione atmosferica, i primi due in misura relativa, prendendo come unità la pressione stessa, il terzo in misura assoluta; dividendo il valore $H' - H$ ottenuto col 3° metodo per quello ottenuto simultaneamente con uno dei primi due metodi cioè $(H' - H) : H$, si avrebbe il valore assoluto della pressione stessa.

Un'altra categoria di metodi si propone di determinare questo valore assoluto, deducendolo dalla variazione di volume che produce nella suddetta quantità d'aria una conveniente e nota variazione di pressione prodotta artificialmente; se V, V' sono i volumi dell'aria alle pressioni H, H' si ha:
$$H = \frac{H' - H}{V - V'} V.$$

Questa misura si può effettuare in tre modi che corrispondono ai tre precedenti, cioè:

4°. Osservazione diretta della variazione di volume dell'aria.

5°. Osservazione della variazione che subisce la spinta che il liquido esercita su di essa aria.

6°. Misura con un manometro della pressione che bisogna aggiungere o togliere alla pressione atmosferica per produrre una nota e conveniente variazione del volume e della spinta, o viceversa.

Il 1° ed il 2° metodo sono stati applicati, certo in condizioni di poca esattezza, fino dal secolo XVIII; inoltre sul 1° metodo è fondato il così detto « barometro svizzero » formato da un bulbo munito di un tubo quasi capillare con indice liquido e circondato di ghiaccio. Recentemente l'uso del 2° metodo è stato proposto quasi contemporaneamente da Barus (*American Journal of Science*, 1900), da Fischer (*Drude, Annalen der Physik*, 1900), e da me (*Rendiconti dell'Accademia dei Lincei*, 1900), che avevo accennato a tale uso ed alle mie esperienze in proposito alla fine del 1899 in una annotazione nella Nota sugli areometri ad inclinazione variabile.

Nelle due precedenti Note sull'uso del ludione ecc., ho descritto i metodi 3°, 5° e 6° che credo affatto nuovi, ed alcune modificazioni del 2° metodo che credo pure nuove ed utili. Ho continuato in seguito lo studio di questi metodi, ed ho semplificato l'apparecchio occorrente per il 3° e 6° metodo in modo da renderlo facile a costruire e ad usare, autonomo ed esatto; esso verrà descritto in una prossima Nota.

Nella presente Nota descrivo alcune serie di esperienze relative ai modi di evitare le variazioni della quantità d'aria del ludione. Quando la temperatura cresce, la solubilità dell'aria nel liquido nel quale è immerso il ludione diminuisce, ed una parte dell'aria disciolta si sviluppa lentamente, mentre l'opposto avviene se la temperatura decresce. Inoltre, siccome il livello del liquido nel ludione è più basso di quello esterno, l'aria del ludione trovandosi ad una pressione alquanto maggiore di quella esterna, si scioglie in maggior proporzione e per diffusione lentamente sfugge verso l'esterno.

Ne risulterebbero così variazioni del volume dell'aria, che erroneamente si attribuirebbero a variazioni della pressione, che sarebbero difficili da calcolare e che perciò bisogna evitare o render minime.

Il mantenere l'apparecchio indefinitamente nel ghiaccio, senza interruzione, eviterebbe questa causa d'errore; invece il portare l'apparecchio a 0° ogniqualvolta lo si vuol usare, che non sarebbe neppure comodo, e potrebbe aumentare l'errore suddetto per causa della grande variazione della solubilità dell'aria che ne risulta.

Nella 1^a Nota sull'uso del ludione ecc., ho indicato due modi per evitare o ridurre questa causa d'errore. Il primo, la cui efficacia è evidente ed è inoltre dimostrata dall'esperienze descritte più oltre, consiste nel separare l'aria dal liquido nel quale è immerso il ludione mediante uno strato o colonna di mercurio. L'altro modo, la cui efficacia in pratica non risultò così grande come era presumibile, consiste nell'usare una campanella terminata inferiormente con un lungo tubo capillare ripiegato ad elica o a spirale per economia di spazio, e nel diminuire tanto quanto è possibile il volume del liquido con-

tenuto nella campanella, evitando però che il suo livello possa giungere fino al tubo capillare quando, per l'azione combinata d'una temperatura elevata e d'una bassa pressione, l'aria avesse il volume massimo possibile.

In tal modo l'aria disciolta non può dall'esterno pervenire nell'interno del ludione o viceversa, che molto lentamente, per diffusione lungo il tubo capillare ed il poco liquido contenuto nel ludione non può nè sviluppare, nè assorbire che un volume proporzionatamente minimo di aria. Se V e v sono

i volumi dell'aria e del liquido, s il coefficiente di solubilità, $\frac{ds}{dt}$ la variazione media per grado di questo coefficiente, se la temperatura cresce o decresce di t° , verrà svolto o assorbito un volume relativo di aria $\frac{v}{V} \frac{ds}{dt} t$. Se $\frac{v}{V}$

è piccolo, siccome s è di solito molto piccolo, $\frac{ds}{dt}$ sarà notevolmente minore e si può ritenere che per le piccole e passeggere variazioni di temperatura, il volume suddetto sia trascurabile, e per le variazioni di temperatura maggiori e più persistenti, quali si verificano nel passaggio dall'inverno all'estate, si potrebbe calcolare la piccola correzione relativa. Tuttavia le esperienze che ho eseguito finora con ludioni immersi nell'acqua, nella chinolina e nella nitrobenzina non confermano che imperfettamente queste previsioni favorevoli.

Esperienze sul ludione con mercurio, senza compensazione termica, immerso nella nitrobenzina. Questo ludione aveva la forma di un piccolo barometro Gay-Lussac, alto solamente 10 cm. ma con tubi molto larghi, di 1,90 cm. di diametro. Il ramo chiuso era quasi completamente pieno d'aria, una colonna di mercurio occupava il tubo capillare di comunicazione fra i due rami e la parte inferiore di questi, e la quantità di mercurio era così scelta che il suo livello non abbandonasse mai la parte cilindrica dei medesimi; inoltre esso era sormontato da un piccolo uncino, era immerso completamente in una bottiglia a collo largo (o in una provetta) piena di nitrobenzina ed immersa a sua volta in un grosso bicchiere da pile pieno d'acqua; all'uncino era fissato un filo d'argento di 0,1 mm. di diametro di lunghezza invariabile, che poteva esser appeso al braccio d'una bilancia.

Il modo più semplice e più diretto (e che ritengo per molti rispetti preferibile) per graduare questo strumento, è quello di determinare il peso apparente del ludione a due o più profondità diverse e note, facilmente ottenibili sia col sollevare o abbassare il recipiente mentre il ludione è appeso a distanza invariabile dal braccio della bilancia, sia aggiungendo o togliendo liquido dal recipiente stesso. Così pure si potrebbero determinare direttamente le variazioni del peso suddetto causate da note variazioni di temperatura.

Mi parve però più persuasivo e perciò più conveniente per lo scopo di queste esperienze, di dedurre queste variazioni col calcolo, determinando prima

il peso ed il volume del vetro e del mercurio, la densità della nitrobenzina, ottenendo dalle Tavole o con apposite esperienze i relativi coefficienti di dilatazione termica. Si può così calcolare il peso apparente del vetro e del mercurio nella nitrobenzina a qualsiasi temperatura e quindi determinato col l'esperienza il peso apparente del ludione, si può per differenza ricavare il peso apparente dell'aria e quindi il suo volume. Si potrebbe quindi colle note leggi calcolare le variazioni di questo volume per date variazioni della pressione della temperatura o viceversa; nel caso attuale ho creduto preferibile e altresì più comodo ricondurre il volume suddetto a una pressione ed una temperatura costante, e dimostrare che il volume ridotto risulta costante.

Come si vede e come apparirà meglio in seguito, le operazioni ed il calcolo preliminari sono senza confronto più lunghe e più minute che non nel metodo empirico suddetto, la maggior parte delle determinazioni preliminari non può essere verificata senza distruggere o scomporre lo strumento, ed un errore in qualcuna di esse renderebbe inutile il resto del lavoro. Nel calcolo del volume ridotto, tuttavia, un simile errore influisce quasi ugualmente in tutte le determinazioni e la sua importanza è grandemente diminuita.

Siano p e v_t il peso ed il volume del vetro, p' ed u_t il peso ed il volume del mercurio, γ_t la densità della nitrobenzina, e π_t il peso apparente del vetro col mercurio nella nitrobenzina, il tutto a t^o , sarà evidentemente:

$$\pi_t = p + p' - (v_t + u_t) \gamma_t$$

Se A ed a sono i coefficienti di dilatazione veri a t^o del complesso vetro-mercurio e del liquido, il peso apparente a θ^o sarà:

$$\begin{aligned} \pi_\theta &= p + p' - (v_\theta + u_\theta) \gamma_\theta \\ &= \pi_t + (v_t + u_t) \gamma_t (a - A) (\theta - t). \end{aligned}$$

Questa relazione dà il modo di calcolare, mediante una piccola correzione, il peso apparente del vetro e mercurio a θ quando è noto, sia dalla formula precedente, sia per una determinazione diretta il peso apparente a t^o .

Inoltre se q è il peso apparente del ludione a θ , V_θ il volume dell'aria, ε il suo peso, γ_θ la densità della nitrobenzina, α il coefficiente di dilatazione vero a θ di quest'aria sarà:

$$\begin{aligned} q &= \pi_\theta + \varepsilon - V_\theta \gamma_\theta, \quad V_\theta = \frac{\pi_\theta + \varepsilon - q}{\gamma_\theta} \\ V_t &= \frac{\pi_\theta + \varepsilon - q}{d_t [1 + (a - A) (\theta - t)]} \end{aligned}$$

Può esser utile conoscere il coefficiente di dilatazione a pressione variabile dell'aria del ludione; se V , H , T sono il suo volume, la sua pressione, la sua temperatura assoluta, se v è l'aumento di volume dell'aria quando la temperatura diviene $T + 1^o$, se $x = v : \sigma$ è l'abbassamento del livello del

mercurio in un ramo e l'innalzamento nell'altro ramo, essendo σ la sezione interna per entrambi i rami, si avrà:

$$\frac{VH}{T} = \frac{(V + v)(H + 2\sigma : \sigma)}{T + 1}$$

ossia, trascurando il quadrato di v :

$$\frac{v}{V} = \frac{1}{T} \frac{H}{H + 2V : \sigma} = \frac{1}{T} \frac{H}{H + 2H_1}$$

donde risulta che il coefficiente di dilatazione dell'aria del ludione $\frac{v}{V}$, è uguale al coefficiente a pressione costante $\frac{1}{T}$ moltiplicato per il fattore $H/(H + 2H_1)$, essendo H_1 l'altezza dell'aria in un cilindro retto di sezione σ .

Così pure la variazione di volume che subisce l'aria del ludione per una piccola variazione della pressione esterna, è uguale a quella che subirebbe l'aria libera moltiplicata per il fattore $H/(H + 2H_1)$. In altre parole le piccole variazioni della pressione trasmesse all'aria attraverso ad un tubo ad U contenente mercurio, vengono diminuite nel rapporto di $H + 2H_1$ ad H .

Tuttavia per avere la pressione dell'aria del ludione non ho fatto uso di questa proprietà; la pressione suddetta è certamente uguale alla pressione atmosferica aumentata della pressione dello strato di nitrobenzina che trovasi al disopra del livello esterno del mercurio diminuita dalla differenza di livello del mercurio stesso e corretta per la variazione di questa differenza; se V e V' sono i volumi dell'aria (dati direttamente dall'esperienza) $2(V - V')/\sigma$ sarà il valore corrispondente di questa variazione.

Ho preferito ridurre i pesi apparenti del ludione ed i volumi dell'aria a t° , una temperatura media, anziché a 0° per diminuire i termini di correzione per i quali basta così anche un valore approssimativo di A , a ed α .

Per la stessa ragione non ho fatto uso del metodo di compensazione termica descritto nella Nota citata, facendo uso cioè di un volume di vetro conveniente, all'incirca triplo di quello dell'aria. In tal caso avrei dovuto o ricorrere alla graduazione empirica che non credevo conveniente di usare, oppure eseguire una determinazione preliminare accuratissima dei coefficienti di dilatazione del vetro e della nitrobenzina adoperati, ed inoltre i possibili errori dovuti a ciascun metodo o alla sua imperfetta applicazione si sarebbero sovrapposti e sarebbe stato impossibile separarli. Perciò cercai invece di ridurre il più possibile i volumi del vetro e del mercurio.

Nel primo ludione da me adoperato, il peso del vetro era di 13,8220 gr. quello del mercurio gr. 72,7030, i rispettivi volumi erano a $26^\circ,6$ cm^3 5,5220 e cm^3 5,3725, e la densità della nitrobenzina era 1,1963. Quindi la spinta

subita dal vetro col mercurio era di gr. 13,0310 a 26°,6 e variava di — 9,71 mgr. per una variazione di $\pm 1^\circ$ nella temperatura. Inoltre la profondità del livello esterno del mercurio durante la pesata era di mm. 118,5 equivalenti a mm. 10,46 di mercurio. Il dislivello del mercurio nel ludione era di mm. 39,6 nell'aria, ma nella nitrobenzina alla profondità suddetta cresceva secondo la formula suddetta di mm. 1,2, e deducendo la pressione esercitata dalla nitrobenzina, risulta che l'aria del ludione inizialmente era ad una pressione di 30,3 mm. inferiore a quella atmosferica; aumentando il volume dell'aria di v , il dislivello suddetto decresceva di $2v : 3,8$ cm. essendo 3,8 cm² la sezione interna dei rami del ludione. I coefficienti di dilatazione del vetro e della nitrobenzina determinati appositamente alla temperatura dell'esperienza, erano 0,000027 e 0,000848, e come coefficiente di dilatazione dell'aria nel ludione presi 0,003350, intendendo per coefficiente di dilatazione il rapporto $(v_{t+1} - v_t) : v_t$ e facendo largo uso di approssimazioni.

Nella seguente tabella trovansi nella 1^a colonna la pressione atmosferica H, nella 2^a la temperatura t della nitrobenzina e dell'aria, nella 3^a la pressione H' dell'aria del ludione (ossia $H - 30,8 \pm \frac{v}{3,8}$ cm.), nella 4^a la spinta q subita dall'intero ludione, nella 5^a colonna il volume V dell'aria ridotto a 26°,6 e a 760 mm., ma moltiplicato per il fattore costante 1,1963.

H	t	H'	q	Vd
754,2	25,70	724,08	31,5818	17,706
753,8	26,00	723,76	31,5973	17,703
754,0	26,37	724,1	31,6030	17,703
755,1	25,13	724,75	31,5340	17,696
755,8	24,51	725,27	31,4987	17,702
754,6	25,87	724,46	31,5727	17,700
756,3	23,98	756,61	31,4683	17,695
753,6	23,40	723,32	31,5055	17,695
753,5	25,23	723,33	31,5733	17,696
754,3	23,38	723,68	31,4948	17,704

Non essendo molto contento del modo di funzionare di questo ludione, che essendo molto pesante spesso si rovesciava e nel quale il mercurio aderiva molto al vetro e la sua superficie cambiava evidentemente di forma, ne costruii un altro più leggero, ed ebbi cura di pulire con acido nitrico bollente il suo interno, e di riempirlo d'aria secca, collocandolo sotto una piccola campana pneumatica, facendo ripetutamente il vuoto e lasciando rientrare aria attraverso l'acido solforico.

In questo ludione alto circa 8 cm., il peso del vetro e del mercurio era di gr. 8,0128 e gr. 50,4316 ed il volume rispettivo a 26°,6 era di cm³ 3,2013 e cm³ 3,6950; il coefficiente di dilatazione medio era 0,0001094, la spinta nella nitrobenzina gr. 8,2510 a 26°,6 e variava di — 6,0 mgr. per una variazione di + 1° nella temperatura.

Inoltre la profondità del livello esterno del mercurio era di 86,0 mm. pari a 7,6 mm. di mercurio, ed il dislivello del mercurio a tale profondità era di 34,2 mm. da cui vanno dedotti i suddetti 7,6 mm.

H	t	H'	q	Vd
754,6	25,8	728,38	20,8423	12,087
756,2	24,15	729,65	7772	086
754,28	26,02	728,11	8522	087
753,4	25,20	727,19	8482	0875
754,24	23,3	727,72	7887	086
755,0	25,25	726,68	8239	088
755,95	23,02	729,28	7565	088
755,67	25,61	729,35	8207	0875
756,5	23,5	729,85	7577	086
755,54	26,12	729,28	8322	084
756,75	24,73	730,23	7812	085
755,73	26,37	729,5	8360	086

Il modo di procedere in queste determinazioni era il seguente. Alcuni minuti prima della determinazione agitavo l'acqua del bagno e la nitrobenzina, poi agitavo nuovamente, osservavo la temperatura della nitrobenzina con un termometro Baudin diviso in decimi di grado, portavo il bicchiere dentro la bilancia, vi appendevo il ludione ed eseguivo la pesata. Quindi andavo ad osservare la pressione atmosferica nel barometro Fortin del contiguo Osservatorio meteorico, ripeteva la pesata, toglievo il bicchiere, osservavo la temperatura. Prendevo la media dei due pesi e delle due temperature pochissimo differenti. Le determinazioni venivano eseguite due volte al giorno, al mattino verso le dieci e nel pomeriggio verso le diciotto, affinché le temperature fossero per quanto era possibile diverse e costanti. Entrambe le serie vennero eseguite nella 1^a metà dell'agosto del 1901.

Apparisce da queste tabelle e specialmente dalla seconda che l'aria del ludione conserva un volume sensibilmente costante, a parità di condizioni, e che si dilata e contrae secondo le note leggi, senza che appaia l'influenza di errori qualsiasi.

Si sarebbe potuto eseguire il calcolo inverso e determinare le variazioni della pressione, a partire da quella iniziale e s'otterrebbe una corrispondente concordanza coi valori dati col barometro Fortin. La massima differenza dal valor medio, che si osserva raramente nella 2^a tabella, per V \searrow salisce appena 1,5 diecimillesimi di questo valore e corrisponderebbe a un errore di circa 0,1 mm. nella pressione. È probabile che queste differenze siano dovute al ludione e causate probabilmente da un errore di capillarità, perchè nè gli errori nell'apprezzamento della temperatura, nè quelli della pesata sarebbero sufficienti a produrle; tuttavia è altrettanto probabile che esse siano dovute ad inesattezza del barometro a mercurio. Difatti l'errore di capillarità era sensibile anche in questo barometro, ed un'altro possibile errore può derivare da una differenza di temperatura fra il mercurio e il termometro applicato; la differenza di 1° sarebbe sufficiente a causare l'errore suddetto di 0,1 mm.

Il ludione che ha servito per la 2^a serie di esperienze è stato conservato intatto, nella nitrobenzina, e sarà ripesato fra pochi mesi per verificare se le sue indicazioni saranno comparabili a quelle antecedenti.

Ritengo che sia utile e pressochè indispensabile che il ludione sia formato con tubi più larghi di quelli da me usati, p. es. con tubi di 3 cm. di diametro, ma i miei tentativi per costruirli riuscirono vani, poichè a causa del fondo piatto, che ritenevo utile, essi poco dopo costruiti si ruppero. Sarebbe altresì utile far uso di ludioni larghi e bassi formati p. es. con un cristallizzatore di vetro sottile contenente uno strato di mercurio, ed un cristallizzatore di diametro minore e capovolto che funzionasse da campana; facendo comunicare per un istante l'aria interna coll'esterna mediante un tubo ricurvo, si eviterebbe il dislivello notevole del mercurio e le relative correzioni.

Fisica. — Misure pireliometriche fatte a Sestola nell'estate del 1901. Nota di CIRO CHISTONI⁽¹⁾, presentata dal Socio TACCHINI.

Fino dal 1899 ho intrapreso una serie di misure pireliometriche all'Osservatorio Geofisico di Modena, all'Osservatorio di Sestola ed a quello del Monte Cimone. Negli anni 1899 e 1900 ho fatto uso dell'attinometro di Violle; e nel 1901 avendo potuto ottenere un pireliometro a compensazione elettrica di K. Ångström, installai questo a Sestola, mentre a Modena ed al Monte Cimone si continuò ad usare dell'attinometro di Violle.

L'apparecchio su citato dell'Ångström e da esso proposto fino dal 1893, ha portato, a mio credere, una vera rivoluzione nel campo delle ricerche

(1) Lavoro eseguito nel R. Osservatorio Geofisico di Modena, 15 gennaio 1902.