ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCII

1895

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME IV.

1° SEMESTRE

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1895

Fisica. — *Intorno ad alcune modificazioni dell'areometro di Fahrenheit, e ad una nuova forma di bilancia* [1]. Nota di G. Guglielmo, presentata dal Socio Blaserna.

« *Modificazione dell'areometro di Fahrenheit.* — Questo areometro quale viene descritto e costruito, è assai poco esatto e presenta molti inconvenienti, cosicchè viene raramente adoperato ed è ora sostituito dalle bilance di Mohr, di Westphal, dall'areometro di Reimann, oppure dagli areometri a peso costante; i primi tre strumenti sono molto più esatti dell'areometro di Fahrenheit, gli altri lo sono meno, ma offrono il vantaggio di richieder brevissimo tempo per una determinazione.

« Però le cause d'inesattezza e gli altri inconvenienti dell'areometro di Fahrenheit si possono eliminare nei modi descritti in questa Nota, ed allora esso per precisione e comodità non è inferiore alle bilance di Mohr, di Westphal e di Reimann, mentre per semplicità, facilità di costruzione e poco costo, uguaglia o è di poco inferiore agli stessi areometri a peso costante.

« Gl'inconvenienti dell'areometro di Fahrenheit sono, parmi, questi che seguono:

« 1.° e 2.° Il tubo che congiunge bulbo e piattello e che porta il segno per l'affioramento non può essere molto sottile, come sarebbe utile per aumentare la sensibilità e diminuire gli errori causati dalla capillarità, perchè l'areometro riuscirebbe troppo fragile; così di solito si hanno entrambi gl'inconvenienti, l'areometro è fragile e non è sufficientemente sensibile nè preciso.

« 3° Immerso nei liquidi esso possiede poca stabilità, e se i pesi sono mal collocati sul piattello, o se il liquido è molto denso, facilmente avviene che l'areometro s'inclina, con pericolo che i pesi scivolino nell'acqua, o anche si rovescia.

« 4° Può avvenire, più o meno frequentemente, che i pesi piccoli sfuggendo dalle pinzette caschino nell'acqua, o peggio nel liquido, che può essere corrosivo, e non è neppure raro il caso che per errore nell'apprezzare il peso necessario per ottenere l'affioramento l'areometro sprofondi nel liquido, e per lo meno si bagni il piattello (a ciò però si rimedia facilmente regolando l'altezza del recipiente e del liquido).

« 5° Occorre conoscere e aver presente, oppure determinare il peso del-

[1] Di questa Nota, presentata all'Accademia nei primi di luglio 1894, fu ritardata la pubblicazione per varie cause. Frattanto è giunta a mia conoscenza una brevissima descrizione d'un areometro a peso del Lohnstein, che parmi posa presentare qualche somiglianza con qualcuno degli areometri descritti in questa Nota. Non ho potuto ancora procurarmi la descrizione completa dell'areometro del Lohnstein, quale è comparsa nel Z. für Istrumentenkunde del 1894, e non posso stabilire fino a che punto tale somiglianza esista.

l'areometro e quello occorrente per ottenere l'affioramento al segno stabilito, nell'acqua; quindi spesso per ogni determinazione di densità occorre fare una pesata, ottenere due affioramenti (nell'acqua e nell'altro liquido) ed eseguire tre operazioni aritmetiche (due somme ed una divisione).

« Questi inconvenienti sono tolti nelle forme di areometro delle figure 1 e 2.

« 1.° e 2.° Ho sostituito al tubo che congiunge bulbo e piattello, un filo di platino *a*, di circa 0,3 mm. di diametro, lungo 1 o 2 cm., il quale a un'estremità è fissato o saldato al piattello (in lamina sottile d'alluminio) e coll'altra estremità penetra liberamente, con debole attrito ma senza troppo giuoco, nel tubetto *b* che è chiuso in fondo e saldato alla sommità del bulbo. Questo tubetto è lungo 2 a 10 mm. ed ha il diametro di 2 a 3 mm. all'esterno e circa 0,3 mm. all'interno; è bene inoltre che esso sia esternamente un po' conico, o che almeno l'estremità libera sia arrotondata o appuntita, dimodochè non rimanga una superficie piana orizzontale; questa nel liquido produrrebbe un largo menisco che impedirebbe all'areometro d'obbedire all'azione dei piccoli pesi.

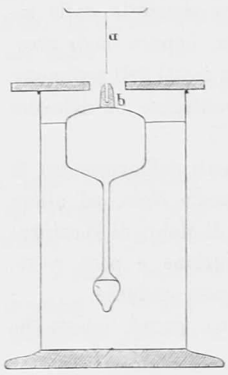

Fig. 1.

« Così l'areometro non è più fragile di una boccetta o d'un altro areometro; venendo esso immerso fino al punto d'affioramento (a metà circa del filo di platino) nell'acqua o in altro liquido sposta volumi sensibilmente uguali di questi; siccome poi coll'aggiungere o togliere dal piattello 1 milligrammo, l'areometro dovrà immergersi o emergere di un tratto non piccolo (teoricamente circa 1 cm.), ne segue che anche la spinta (ossia il peso del liquido spostato) è determinata molto esattamente.

« Essendo il filo di platino sottile, anche l'errore di capillarità è piccolo, inoltre esso potrebbe ancora essere ridotto, osservando per riflessione sulla superficie del liquido la grandezza del menisco, e cercando di ridurla al minimo valore coll'aggiungere sul piattello pesi minimi, insufficienti per fare immergere sensibilmente l'areometro, ma che agiscono sulla superficie liquida deprimendo il menisco. È comodo inoltre di far immergere l'areometro fino ad un punto qualsiasi (coincidente o no col punto d'affioramento) del filo di platino, e fare ai pesi del piattello la piccola correzione dovuta alla parte di filo di platino sporgente o immersa, e che si calcola o si determina coll'esperienza.

« 3.° Ordinariamente il bulbo degli areometri di Fahrenheit è cilindrico, oblungo e porta saldato a una estremità la zavorra, all'altra il tubo e poi il piattello. È invece utile, per aumentare la stabilità dell'areometro galleggiante, che il bulbo sia sferico o meglio cilindrico schiacciato, che alla sua parte inferiore sia saldato un tubo piuttosto lungo il quale termina in basso colla zavorra, e che il tubo o filo fra bulbo e piattello sia piuttosto corto.

« Difatti se chiamiamo Q la spinta esercitata dal liquido sul bulbo diminuita del peso di questo ed applicata al suo centro di figura, P il peso della zavorra e del tubo diminuito della spinta esercitata su essi dal liquido ed applicata all'incirca al centro della zavorra, P′ il peso collocato sul piattello, e d e d' le distanze dei punti d'applicazione di P e P′ rispettivamente da quello di Q, l'areometro sarà in equilibrio se $P + P' = Q$ e se queste tre forze agiscono secondo una stessa verticale; l'equilibrio poi sarà stabile, indifferente o instabile a seconda che Pd sarà maggiore, uguale o minore di $P'd'$. Si ha quindi molto vantaggio ad aumentare d e diminuire d'.

« Peraltro è difficile che un areometro anche costruito nel modo suddetto e che è abbastanza leggero per galleggiare in un liquido dei meno densi, galleggi poi stabilmente quando viene fatto affiorare in un liquido p. es. di densità 2, quando cioè il peso sul piattello e quasi doppio di quello dell'areometro ed all'incirca quadruplo di quello della zavorra.

« Perciò trovai più comodo di usare due areometri (o tre) uno pei liquidi meno densi dell'acqua, l'altro per quelli più densi. Oppure trovai anche comodo, specialmente per la costruzione, di usare un solo areometro B, nel quale il tubo al disotto del bulbo termina inferiormente con un uncino, al quale appendevo direttamente, o mediante un filo di platino, diverse bolle di vetro con mercurio, di peso diverso ma di volume uguale; una di esse serviva per i liquidi meno densi dell'acqua, un altro per i liquidi di densità 1 a 1,5 ecc.

« Inoltre usando la forma di areometro della figura 2, descritta in seguito, un solo areometro serve tanto pei liquidi meno densi che pei più densi.

« 4.° Essendo il piattello separabile dal resto dell'areometro, si può coprire il recipiente che contiene l'acqua, o il liquido di cui si vuol determinare la densità, con un disco, p. es. di vetro, forato nel mezzo, pel cui foro si fa poi passare il filo di platino che si fa entrare nel tubetto b. In questo modo si eviterà che i pesi caschino nel liquido, o che l'areometro sprofondi o che si rovesci.

« Inoltre se il diametro del foro è minore della differenza fra il diametro del recipiente e quello del bulbo, sarà impedito che questo venga a contatto colle pareti del recipiente; è vero bensì che il filo di platino andrà invece ad appoggiarsi contro l'orlo del foro, però spostando un pochetto il disco si potrà avere l'areometro libero e fermo, ciò che difficilmente s'otterrebbe con piccoli urti che è difficile regolare.

« 5.° Finalmente per evitare le operazioni aritmetiche si potrà prendere per unità di peso, il peso d'un volume d'acqua a 4° uguale al volume dell'areometro fino al punto d'affioramento, o piuttosto regolare questo volume in modo che esso alla temperatura media dell'ambiente sia p. es. di 10 cm.^{3} Si potrà inoltre regolare il peso dell'areometro colla zavorra, in modo che esso sia facile a rammentare, p. es. 6 per i liquidi meno densi dell'acqua, 10 per i liquidi più densi.

« In tal modo il peso dell'areometro ed il peso occorrente per produrre l'affioramento nell'acqua (3,999 gr. a 15°) si verifica facilmente, e se p è il numero dei pesi collocato sul piattello per ottenere l'affioramento in un liquido, sarà $(p+6):10$ (oppure $p:10$), la densità del liquido cercato, che si potrà ottenere con molta esattezza mediante un solo affioramento e un facile calcolo mentale.

« Un altra forma d'areometro a volume costante, altrettanto esatta quanto le precedenti, ma di costruzione più facile e d'uso più comodo, è quella rappresentata nella figura 2 e derivante dall'areometro di Tralles.

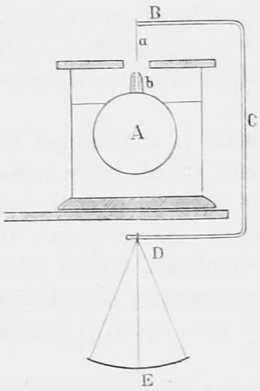

Fig. 2.

« Una bolla di vetro A, sferica, chiusa, porta saldato superiormente un tubetto b chiuso in fondo, lungo 2 a 8 mm. e del diametro di 2 a 3 mm. all'esterno, e 0,3 mm. circa, internamente. Un filo d'alluminio BCD, ripiegato due volte ad angolo retto e dalla stessa parte, tiene fissato all'estremità del braccio orizzontale superiore un filo di platino a, lungo 1 a 2 cm. e di circa 0,3 mm. di diametro, il quale s'adatta nel tubetto b. Inoltre un leggero piattello da bilancia in alluminio E, è sospeso al braccio orizzontale inferiore, sulla verticale passante per il filo di platino. Il recipiente che contiene l'acqua o l'altro liquido di cui si vuol determinare la densità è collocato su una mensoletta sporgente (o su un anello o disco d'un sostegno Bunsen), larga all'incirca quanto il recipiente, fissata all'altra estremità, in modo che il braccio inferiore del filo d'alluminio ed il piattello possano stare sotto il recipiente.

« È utile che il volume della bolla, fino al segno d'affioramento nel filo di platino, sia alla temperatura media ambiente di 10 cm.^{3} e che il peso dell'intero areometro (bolla, filo di platino e d'alluminio e piattello) sia di 5 grammi; in tal caso immergendo la bolla nell'acqua a 15° occorrerà collocare nel piattello 4,999 gr. per farla immergere fino al punto d'affioramento, e se per un altro liquido occorrerà collocare p grammi, la densità di questo liquido sarà $(p+5):10$.

« Così con una sola operazione (tralasciando l'affioramento nell'acqua) e con un facile calcolo mentale si ha la densità del liquido.

« Sarà utile verificare ogni tanto il peso dell'areometro ed il suo volume fino al punto d'affioramento, che varierà sensibilmente nel primo tempo dopo che è stata soffiata la bolla, per lo stesso fenomeno che produce lo spostamento dello zero dei termometri.

« Quest'areometro galleggia stabilmente, senza rovesciarsi, anche nei liquidi molto densi; talvolta la bolla galleggia di traverso, ma vi si rimedia raddrizzando il filo di platino che deve essere sufficientemente rigido.

« La sensibilità e l'esattezza di questo areometro sono le stesse come nell'areometro precedentemente descritto, ed è da notare che mentre nel determinare la densità d'un liquido col metodo della bilancia idrostatica, alle cause d'errore inerenti al metodo idrostatico si aggiungono quelle provenienti da possibili inesattezze della bilancia, con quest'areometro si hanno solo le prime cause d'errore, ed in quanto alla facilità delle operazioni essa non è diversa da quella d'una solita pesata, poichè i pesi si collocano sul piattello in qualsiasi posizione, senza pericolo che l'areometro si rovesci o s'inclini.

« Esso può essere costruito da chiunque è in grado di soffiare una bolla all'estremità di un tubo di vetro e di tirare e chiudere esso tubo. Un po' di pratica e di pazienza si richiede per ottenere che la bolla sia esattamente di 10 cm.^{3}; è quasi impossibile di soffiare una bolla che sia esattamente di 10 cm.^{3} (a meno che non si usi uno stampo) e nel regolare il volume della bolla essa facilmente si guasta. Il modo col quale procedo è il seguente: fondo l'estremità d'un tubo di 8 a 10 mm. di diametro, lo chiudo e vi soffio una bolla minore di 10 cm.^{3}, di pareti non troppo sottili, e saldo all' estremità della bolla il tubetto *b* preparato prima. Verso quindi nella bolla tanto mercurio finchè il tutto pesi 10 grammi, la immergo nell'acqua coll'apertura in alto, essa s'immerge finchè il volume immerso è di 10 cm.^{3}, segno il punto d'affioramento, e tolta la bolla dall'acqua, colla fiamma da smaltatore assottiglio il tubo nel punto segnato, e ripeto la prova dell'immersione nell'acqua, quindi assottiglio ancora, e ripetendo queste operazioni posso determinare dove devo separare la bolla dal tubo in modo che essa abbia il volume di 10 cm.^{3} con un errore di pochi millimetri cubi. Tolgo il mercurio dalla bolla, poscia chiudo; compongo l'areometro della figura 2 e dal peso necessario per ottenere l'affioramento aumentato del peso dell'areometro deduco esattamente il volume; è facile poi aggiungere o togliere i pochi millimetri cubi per ridurre il volume esattamente uguale a 10 cm.^{3} Se occorre aumentare di poco il volume della bolla, si prende un filo di vetro di tal lunghezza da avere il volume mancante, lo si riduce in goccia e lo si aggiunge all'estremità inferiore e conica della bolla, procurando di non farla gonfiare menomamente.

« Quest'areometro può servire altresì per determinare la densità di solidi, che si collocano prima sul piattello e poi s'immergono nell'acqua, appendendoli al piattello o alla bolla.

« **Nuova forma di bilancia.** — Gli areometri di Nicholson, di Fahrenheit, di Reimann possono servire, come è noto, per determinare il peso dei corpi; però, eccetto l'ultimo che non differisce essenzialmente da una vera bilancia, essi si prestano male a tale scopo. Una gran parte del peso occorrente per vincere la spinta del liquido deve essere collocata come zavorra, per ottenere

una certa stabilità che tuttavia non è molto grande e richiede cura nel collocare i pesi sul ristretto piattello; quindi, oltre gl'inconvenienti indicati per l'areometro, si ha quello della piccolezza dei pesi per cui esso può servire.

« Invece l'areometro della figura 2 colle opportune modificazioni nella forma e nella grandezza si presta bene alla determinazione di pesi non piccoli con notevole esattezza.

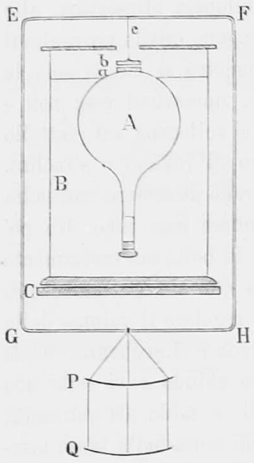

Fig. 3.

« Un pallone di vetro A, fig. 3, p. es. di 365 cm.³ di capacità, pesante 64 gr. contiene 120 gr. di mercurio, è turato con un tappo di sovero e uno strato di ceralacca, oppure con un tappo di gomma piuttosto basso, ed immerso capovolto in un recipiente B pieno d'acqua e collocato su una mensola *c*, o un anello d'un sostegno Bunsen. Al vertice del pallone trovasi fissato con ceralacca un disco di vetro *a* di 3 cm. di diametro, perpendicolarmente all'asse del pallone. Su questo disco si fa riposare un disco uguale *b* che è fissato con ceralacca ad un ago verticale d'acciaio *c* lungo 1 a 2 cm., spesso 0,5 mm., fissato a sua volta nel mezzo del braccio orizzontale EF, d'un rettangolo EFGH di filo d'alluminio di 2 mm. di diametro. Nel mezzo del lato orizzontale inferiore GH, che trovasi sotto il recipiente B, è appeso un doppio piatto di bilancia PQ in lamina d'alluminio.

« Collocando dei pesi in uno dei piatti, si fa immergere di più il pallone, e per un peso di circa 190 gr. esso s'immerge fino a metà dell'ago, e grazie alla sottigliezza di questo, basterà aggiungere o togliere un piccolo peso p. es. 5 mgr. perchè il pallone s'immerga di un tratto non piccolo. Collocando nell'altro piatto un corpo di cui si vuol conoscere il peso e togliendo pesi numerati dall'altro piatto finchè il pallone è immerso nuovamente fino allo stesso punto di prima, il numero di pesi tolto da direttamente il peso del corpo suddetto.

« Sarà opportuno riservare uno dei piatti per il corpo, e l'altro per i pesi numerati che devono formare una serie regolare con tutte le frazioni, le quali è bene che abbiano forma di cavalletti e siano collocate sui lati orizzontali del rettangolo. Prima di collocare i corpi sul piatto relativo, si stabilisce l'affioramento a un punto qualsiasi dell'ago con un po' di tara (p. es. pezzetti di carta) senza togliere pesi numerati e scompletare la serie.

« Avviene spesso che l'aggiungere o togliere pesi minimi, non fa immergere o emergere sensibilmente il pallone trattenuto dall'adesione dell'acqua per l'ago e dalla tensione superficiale dell'ago. A questo inconveniente che

diminuirebbe molto la sensibilità e l'esattezza della bilancia si rimedia solo in parte scuotendo il recipiente, o dando al pallone una spinta sempre nello stesso senso e possibilmente di ugual forza; gioverebbe molto usare petrolio invece di acqua, ma la grande variazione della densità del petrolio per effetto della temperatura potrebbe causare errori più gravi di quello che si vuol evitare.

« Giova molto invece coprire l'ago con un sottile strato di paraffina (che giova anche per proteggerlo dall'ossidazione) ed aggiungere o togliere piccoli pesi finchè la superficie dell'acqua attorno all'ago è sensibilmente piana; ciò si riconosce facilmente osservando per riflessione l'immagine del contorno d'un oggetto, il quale presenterà una sporgenza verso l'ago, o una cavità di fronte all'ago, o apparirà non deformato a seconda che il liquido presso l'ago è sollevato, depresso, o piano. Nel 1° caso il peso sui piatti è un po' troppo piccolo, oppure l'areometro emerge lentamente, nel 2° caso il peso è troppo forte, e l'areometro forse s'affonda lentamente, nel 3° caso la componente verticale dell'adesione, o della tensione superficiale è nulla ed inoltre l'areometro è fermo.

« Riducendo dunque sempre il pallone ad immergersi fino ad un punto qualsiasi dell'ago, e riducendo il livello del liquido attorno all'ago ad essere piano, e facendo la piccola correzione per la porzione dell'ago del livello del liquido al segno d'affioramento, si può avere un esattezza non inferiore al milligramma. Con un pallone più grande ed un ago di 1 mm. di diametro potei pesare fino a 400 grammi con un esattezza superiore al mezzo centigrammo.

« La quantità opportuna di zavorra si determina sperimentalmente; essa deve esser tanto maggiore quanto più corto è il collo del pallone e quanto più sottile è l'ago. Se la zavorra è poca (p. es. 100 gr. nel caso descritto) la spinta del liquido fa flettere l'ago ed occorrerà aumentare il peso della zavorra o la sua distanza dal centro del pallone, o lo spessore dell'ago. Talvolta però l'ago si flette più o meno perchè il disco *b* non è ben collocato sul disco sottostante, ed allora sarà facile togliere la flessione, spostando convenientemente il disco suddetto.

« Sebbene questa bilancia non sia suscettibile di tutta quella precisione che si può ottenere con un ottima bilancia a leva, sebbene per ottenere tutta la precisione di cui essa è suscettibile si richieda forse maggior cura e attenzione che non nell'operazione abituale della pesata ordinaria, tuttavia questa nuova forma di bilancia possiede sulla bilancia a leva due vantaggi non lievi.

« Uno di questi vantaggi è la facilità e la rapidità con cui può essere costruita da chiunque anche poco abile; l'altro vantaggio è che essa non è soggetta ad essere deteriorata. Una buona bilancia a leva richiede molta attenzione e molta cura in chi la usa, altrimenti perde rapidamente le sue buone qualità non può quindi essere affidata ad allievi, mentre ciò non avviene per la bilancia areometro ».