

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXIX.
1922

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1922

RENDICONTI

DELLE SEDUTE

DELLA REALE ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

~~~~~  
22 gennaio 1922.

### MEMORIE E NOTE DI SOCI

Fisica. — *Sull'assorbimento della gravitazione*. Nota V del  
Corrispondente QUIRINO MAJORANA.

SISTEMA OTTICO PER LA LETTURA DELLE OSCILLAZIONI. Il giogo della bilancia porta alla sommità uno specchio piano  $S_1$  (fig. 3), destinato a riflettere l'immagine di un filamento incandescente di una lampada  $\frac{1}{2}$  watt <sup>(1)</sup>. Questa è situata in un ambiente diverso da quello in cui trovasi la bilancia, e propriamente a 8 metri di distanza; con ciò il movimento dei piombi nel sotterraneo non produce sensibili spostamenti nella posizione di detta lampada, venendo questa a poggiare su di una volta non cimentata dalla coppia variabile occasionata dalla armatura AB (fig. 2). I raggi della lampada sono raccolti da un obbiettivo con distanza focale di circa 2 metri, situato nello stesso ambiente della lampada, fra questa e la bilancia. Il fascio riflesso da  $S_1$  traversa l'ambiente della lampada e dell'obbiettivo e raggiunge il *posto di osservazione* sito in un terzo ambiente nel quale trovasi una scala millimetrata alta m. 1,80: lo zero della scala è in alto, e la sua distanza dalla bilancia risulta di 20 metri. Su di essa si forma dunque l'immagine del filamento della lampada, costituita da un tratto luminoso orizzontale, largo circa 2 mm., e lungo 50, i cui bordi appajono più o meno netti a seconda dell'aggiustaggio più o meno perfetto del descritto sistema

(1) Vedi avvertenze a p. 24, vol. XXIX di questi Rendiconti.

ottico. Particolari e minuziose cure occorrono per raggiungere tale risultato. Anzitutto osservo che ho scelto uno specchio  $S_1$ , piano anzichè concavo, perchè così i lievissimi sollevamenti od abbassamenti dell'ordine del decimo di millimetro), provocati dal moto dei piombi sul sostegno della bilancia, non si vengano a trasferire nell'immagine del filamento sulla scala. Oltre a ciò, occorre che l'asse ottico dell'obbiettivo sia esattamente coincidente con la congiungente della lampada con  $S_1$ : la più piccola inclinazione rende sfumati i bordi dell'immagine. Occorre poi scegliere la lampada  $\frac{1}{2}$  watt fra parecchie, affinchè il vetro di essa non occasioni eguale inconveniente. Infine, per quanto la lastra di vetro a facce ben piane e parallele, destinata a chiudere la finestra della scatola contenente  $S_1$  (fig. 3), sia spessa (circa 7 mm.), è sempre osservabile un cambiamento assai notevole nella nettezza dei bordi a seconda che si sia, o no, praticato il vuoto nella custodia della bilancia. Ciò è dovuto a lievissime ed inevitabili deformazioni della lastra per la pressione atmosferica. Si debbono dunque aggiustare le distanze fra le varie parti del sistema ottico, quando il vuoto sia già stato praticato, ed anzi quando ciò sia già avvenuto da più ore, intervenendo dei fenomeni di deformazione progressiva della lastra.

Quando tutte le cautele suaccennate si siano adottate, è possibile, servendosi di una lente di ingrandimento e fissando uno dei bordi dell'immagine luminosa, determinare la posizione di questa colla precisione di 1 a 2 decimi di mm.

POSTO DI OSSERVAZIONE. Esso è situato, come si è detto, a circa 20 metri dalla bilancia, e contiene, oltre la scala millimetrata verticale, le chiavi (interruttori e commutatori) per la manovra dei motorini elettrici che occasionano il movimento dei piombi nel sotterraneo, e le sei lampadine elettriche le quali controllano la posizione di questi rispetto alla sfera, di cui si disse a suo tempo. Altri congegni, la cui funzione sarà spiegata in seguito, si trovano inoltre al posto di osservazione.

PRIMI TENTATIVI DI OSSERVAZIONI. La disposizione descritta fu già allestita, con tutti gli accennati particolari, sin dal luglio 1920; e già allora cominciai a cercar di osservare se lo spostamento dei piombi da PP a P'P' (fig. 2) avesse una qualche influenza sulla posizione di equilibrio della bilancia. Avevo anzitutto cura di far sì che la coincidenza del centro della sfera M con quella del cubo P'P' avvenisse con quella precisione di cui già dissi; indi, notata la posizione dell'indice luminoso sulla scala al posto di osservazione, liberavo il giogo, e ne regolavo la posizione di equilibrio mediante i descritti equilibratori a sabbia, in guisa che essa fosse prossima alla precedente, a meno di qualche centimetro. In ogni caso tale posizione era determinata con tre letture di oscillazioni, come nella prima serie di ricerche. E poscia, mediante la manovra delle chiavi di comando elettrico, leggevo alternativamente la posizione d'equilibrio della bilancia *senza piombi*, cioè trovan-

dosi i piombi\* in PP, e quella *con piombi*, cioè avendo spostato i piombi in P'P'.

Questa serie di letture aveva luogo quando la bilancia era carica col sistema *sfera-contrappeso*; ed essa durava per uno o due giorni, con varie sedute al posto di osservazione di un pajo d'ore circa, separate da intervalli altrettanto lunghi, o dal periodo notturno; di solito, infatti, non ho più proceduto, con questa nuova disposizione, ad osservazioni nel corso della notte, per le ragioni altra volta esposte. Si aveva cura di osservare il manometro connesso alla bilancia; e, se del caso, si riportava, tra una seduta e l'altra, la pressione nella custodia a meno di 1 mm. di mercurio.

Rialzato il giogo, scambiata la sfera colla tara, mediante il congegno  $B_1B_2$  (fig. 3), procedevo alla lettura di una seconda serie col sistema *tara-contrappeso*, del tutto analoga alla prima; indi ad altra nuovamente con *sfera-contrappeso*; e così di seguito, per più mesi. Si comprende lo scopo di tale modo di procedere: contavo di poter così discriminare l'effetto perturbatore dei piombi, dovuto alle deformazioni elastiche della vólta e dell'edificio, dall'effetto ricercato.

Infatti, quando sperimentavo con *sfera-contrappeso*, avevo da fare con la somma dei due effetti, e, nell'altro caso, soltanto con quello perturbatore.

Debbo ora dire che, pur osservando sensibili spostamenti della posizione di equilibrio della bilancia tanto con *sfera-contrappeso* (effetto lordo), quanto con *tara-contrappeso* (lettura in bianco) al muoversi dei piombi nel sotterraneo, e pur avendo continuato per 8 o 9 mesi in tal genere di misure, non potei mai ottenere risultati veramente concordanti; è per tale ragione che non trascrivo qui nessuna delle osservazioni numeriche fatte in tale periodo di tempo. Rimasi per lungo tempo incerto sulla causa di codesta irregolarità, ed alla fine, dopo laboriosissimi tentativi, riuscii a comprenderla bene e ad eliminarla; essa proveniva dalle mutevoli condizioni elastiche dell'edificio. Infatti questo, costruito con mattoni, calce, calcinacci, etc., viene a costituire un sistema, dal punto di vista elastico, tutt'altro che perfetto; i fenomeni di isteresi sono in esso accentuatissimi e capricciosissimi.

Da esperienza ad esperienza si notavano differenze persino del 100 %, negli spostamenti della posizione di equilibrio, al muoversi dei piombi. Delle volte, l'assestamento della muratura dell'edificio era tale, che nessuno spostamento si manifestava sulla bilancia, al mutar della posizione dei piombi. In tali condizioni si comprende come l'*effetto in bianco* fosse nullo; ma il sistema era in uno stato di grande instabilità. Bastava infatti il passaggio di un carro, od anche un colpo di martello nell'edificio in un ambiente prossimo a quello della bilancia, perchè si verificasse lo spostamento. A volte, per periodi di 15 giorni od un mese, poteva forse accadere che le osservazioni varie fossero concordanti, e che si potesse abbastanza bene distinguere l'effetto ricercato, sottraendo dalla media degli effetti lordi la media delle letture in bianco;

ma era possibile che poi, in conseguenza di un nuovo misterioso assestamento della muratura, l'accordo cessasse del tutto, o magari che la lettura in bianco mutasse addirittura di segno.

L'influenza del moto dei piombi sulla posizione di equilibrio della bilancia si manifesta, per quanto già dissi nella Nota II, in conseguenza del fatto che il profilo del coltello è tondeggiante e non aguzzo: in sostanza si tratta di una rotazione della volta che si trasferisce al piano di agata di appoggio del coltello, e quindi, con valore in generale mutato, a tutto il giogo. Per quanto esposi a suo tempo, se il coltello ha un raggio di curvatura molto piccolo, tanto cioè che il centro di gravità del giogo sia al di sotto del punto di contatto del coltello col piano di agata, deve la rotazione del giogo essere più piccola di quella di tutto il sostegno; ed è questo il caso che si è presentato quasi sempre nelle mie esperienze. Solo in un certo periodo di esse, essendosi eccessivamente deteriorato il coltello, tanto da assumere un profilo a curvatura piccola, ossia a grande raggio di curvatura (circa 20 micron), avvenne il caso opposto, cioè che la rotazione del giogo fosse maggiore di quella del sostegno. Prescindendo da questo caso eccezionale, dirò che l'effetto in bianco, quello cioè osservabile per il moto dei piombi, quando il giogo è carico col sistema *tara-contrappeso*, era variabile fra 1 e 8 mm., sulla scala a 20 metri al posto di osservazione; tale incertezza era dovuta alla causa più sopra discussa. Per contro, l'effetto ricercato, corrispondente cioè al fenomeno di assorbimento gravitazionale, non corretto dalle altre cause di errore nettamente prevedibili di cui si dirà, non doveva essere che di qualche decimo di mm., od al massimo di 1 mm. Non era dunque possibile discernere un effetto tanto delicato, frammisto all'altro irregolarissimo che poteva diventare persino dieci volte maggiore. E l'unica via da seguirsi era quella di cercare di eliminare del tutto *a priori* tale effetto perturbatore ed ingombrante. A tale fine occorreva escogitare un artificio, nella qual cosa riuscii dopo lunghi tentativi, dei quali descriverò soltanto l'ultimo, che mi ha dato i migliori risultati.

CONTROLO A MERCURIO DELL'INCLINAZIONE DELLA BILANCIA. In fondo, il lamentato inconveniente proveniva dal fatto che la bilancia subiva, da una misura all'altra, delle inclinazioni variabili fra 0 e 10" circa e senza alcuna regolarità, per lo spostamento dei piombi dall'una all'altra posizione. Un metodo per eliminare tale inconveniente sarebbe dunque stato quello di correggere ad ogni misura le inclinazioni stesse, riportando il sostegno della bilancia sempre nella stessa posizione angolare. Ora 10" di arco fanno, a 20 m. di distanza, circa 2 mm. di spostamento di un raggio di luce riflesso; e la eventuale correzione che si sarebbe potuta ottenere, provocando uno spostamento della bilancia inverso (tale cioè da riportare un raggio riflesso da uno specchio fissato al suo sostegno, nella sua primitiva posizione) avrebbe risentita l'incertezza delle letture fatte sulla scala millimetrata (1 a 2 decimi di mm.); cioè di  $\frac{1}{10}$  circa del suo valore nel caso dei 10", ed anche

molto di più per rotazioni più piccole. L'artificio che ora descriverò mi ha invece permesso di esaltare enormemente la constatazione degli spostamenti angolari della bilancia, e quindi di correggerli con tutta esattezza.

Al piede della bilancia (fig. 3) è fissato un tubo di vetro orizzontale YY lungo m. 1,60 circa, di mm. 5 di diametro, coassiale con altro tubo esterno più grosso, XX, pure in vetro, che serve così di sostegno al primo. Il tubo YY è riempito di mercurio e termina ai suoi due estremi in due serbatoj di ebanite, contenenti anch'essi mercurio, di cui solo quello di destra, U, è segnato in figura; tali serbatoj sono dunque due vasi comunicanti a pelo libero, ed il liquido in essi si dispone esattamente allo stesso livello. Ma relativamente a ciascuno dei due recipienti, p. es. a quello U di destra, il livello del mercurio muta al variare dell'inclinazione del sostegno della bilancia; tale variazione è tanto più notevole quanto maggiore è la lunghezza del tubo YY. Il valore scelto per tale lunghezza, corrisponde ai bisogni della attuale ricerca; esso può evidentemente variarsi a piacere, se il congegno in parola dovesse venire impiegato per altri scopi. Sulla regione centrale del mercurio contenuto in U galleggia un dischetto O portante una acuminata punta verticale di acciaio; ed al recipiente sono fissate altre due punte pure in acciaio di cui una sola si scorge nel disegno, la cui posizione può essere spostata verticalmente, mediante la vite di regolaggio  $r$ . Su codeste tre punte appoggia, per il suo peso, un dischetto di vetro portante uno specchietto piano verticale  $S_2$ . Si comprende che al variar del livello del mercurio tale specchietto si inclini variamente, e un raggio di luce ottenuto in maniera del tutto simile a quello che batte su  $S_1$ , viene riflesso da  $S_2$  anche sulla scala di m. 1,80 al posto di osservazione. Si ha cura che l'immagine del filamento della seconda lampada  $\frac{1}{2}$  watt a ciò necessaria, si formi in località alquanto più bassa o più alta di quella in cui si osserva quella riflessa da  $S_1$ . Con ciò l'osservatore può sorvegliare facilmente le due immagini, perchè vicine e non sovrapposte.

Ora, nello scegliere i valori della lunghezza del tubo YY, e della distanza fra la punta galleggiante O e le altre due fisse, mi è stato facile far sì che, mentre l'immagine riflessa da  $S_1$  (quando il giogo è arrestato) si sposta per il moto dei piombi di circa 2 mm., quella riflessa da  $S_2$  si sposti di circa 200 mm.; cioè le rotazioni del sostegno della bilancia o del suo piano di agata sono svelate con una precisione 100 volte maggiore di quanto avverrebbe col comune congegno a semplice riflessione su di uno specchio. Siccome si possono apprezzare almeno i  $\frac{2}{10}$  di mm., e corrispondendo i 2 mm. a  $10''$  d'arco, si vede che il descritto congegno permette di apprezzare sino a  $\frac{1}{100}$  di  $1''$ . Tale sensibilità è più che sufficiente per le misure di cui qui si parla, ma mi piace rilevare che il dispositivo potrebbe essere reso, nel caso di altre ricerche, ancora più sensibile; non sembra infatti che l'assettamento del mercurio nell'interno dei recipienti U possa per attriti od altra causa ostacolare tale accrescimento di sensibilità.