

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.

*Seduta del 19 febbraio 1922.*

R. LANCIANI, Socio anziano, Presidente.

### MEMORIE E NOTE DI SOCI

Fisica. — *Sull'assorbimento della gravitazione.* Nota VII del  
Corrisp. QUIRINO MAJORANA.

RISULTATI DELLE OSSERVAZIONI. — Come ho già accennato nelle Note precedenti, le osservazioni sono state fatte nei due casi *tara-contrappeso* e *sfera-contrappeso*, ed in ciascuno di questi, alternando le letture con i piombi in PP oppure in P'P'. Esse si sono svolte fra il 16 maggio ed il 2 luglio 1921, e costituiscono 11 serie per il primo caso e 10 per il secondo, le quali si sono alternate in quel periodo di tempo. Ciascuna serie è costituita da un certo numero di determinazioni (variabile a seconda delle circostanze fra 10 e 30) della posizione di equilibrio della bilancia, dedotta leggendo tre elongazioni successive del raggio luminoso riflesso dal giogo. Contemporaneamente si è avuta cura di mantenere, in ogni serie, l'indice luminoso riflesso dal *controllo* sempre sullo stesso punto della scala verticale, mediante la regolazione della corrente dell'elettromagnete J: con ciò, come si è spiegato, la bilancia veniva riportata sempre nella stessa posizione angolare, eliminandosi l'errore proveniente dalle deformazioni dell'edificio.

Il metodo adottato ha dunque permesso di determinare l'influenza della presenza dei piombi intorno alla sfera, in maniera del tutto analoga a quella già spiegata nelle prime ricerche <sup>(1)</sup> per il caso del mercurio. Ma in queste

<sup>(1)</sup> Vedi questi Rendiconti, vol. XXIX, pag. 90 e 91.

nuove esperienze l'influenza in parola è stata rilevata tanto nel caso *tara-contrappeso* che nell'altro *sfera-contrappeso*, per le ragioni viste a suo tempo. Poichè al principio ed alla fine di ogni serie (la cui durata si aggirava intorno alle due ore) veniva determinata la sensibilità della bilancia mediante il congegno  $A_1, A_2, A_3$ , si è potuto ogni volta trasformare i mm. di spostamento del raggio luminoso sulla scala, in mg.

Qui appresso, riporto, a mo' di esempio, le prime due serie di determinazioni fatte per i due casi *tara-contrappeso* e *sfera-contrappeso*: ciascuno dei numeri, espresso in mm., è stato ottenuto dopo aver letto tre oscillazioni della bilancia *senza piombi*, tre *con piombi* e infine altre tre *senza piombi*:

*tara contrappeso*; sensibilità media 249 mm./mg.;

*l'indice luminoso si sposta verso il basso per la presenza dei piombi, di:*

mm.: 0,13, 0,50, 0,31, 0,35, 0,23, 0,23, 0,02, 0,16, 0,19, 0,90, 0,28, 0,43, 0,15, 0,77, 0,36 (15 osservazioni);

media: mm. 0,338, pari a mg.  $0,338/249 = \text{mg. } 0,00136$ :

*sfera-contrappeso*: sensibilità media 242 mm./mg.;

*l'indice luminoso si sposta verso il basso c. s., di:*

mm.: 0,46, 0,34, 0,26, 0,29, 0,23, 0,12, 0,03, 0,19, 0,38, 0,35, 0,22, 0,16, 0,23 (13 osservazioni);

media: mm. 0,251, pari a mg.  $0,251/242 = \text{mg. } 0,00104$ .

Ed in maniera simile ho proceduto per le altre serie. Tutte le medie sono qui sotto riportate, espresse in mg.:

tara-contrappeso (errore magnetico)		sfera contrappeso (assorbimento gravit. lordo)	
0,00136	0,00211	0,00104	0,00022
097	142	142	062
085	161	118	077
108	135	130	041
207	162	064	065
170			

Per quanto si è detto, i precedenti numeri rappresentano in complesso le medie di 176 determinazioni di posizioni di riposo della bilancia, e di un numero all'incirca quadruplo di letture di oscillazioni, oltre quelle necessarie per le osservazioni della variabile sensibilità della bilancia.

L'esame del precedente specchietto ci dice che la posizione di riposo del giogo della bilancia *si abbassa* sempre alquanto, per la presenza dei piombi intorno alla sfera, cioè tanto che si sperimenti con *tara-contrappeso*, che con *sfera-contrappeso*. E si può a prima vista credere che realmente

non vi sia alcuna influenza vera dovuta alla presenza dei piombi intorno alla sfera, giacchè i 21 numeri su riportati appaiono poco differenti, oscillando essi tra 1 e 2 millesimi di milligrammo, all'incirca. Potrebbe nascere quindi il dubbio che se realmente il muovere i piombi, portandoli da PP a P'P', dà luogo ad uno spostamento della posizione di riposo di tale ordine di grandezza, ciò avvenga indifferentemente alla stessa guisa per i due modi di caricare il giogo e che quindi nessun assorbimento gravitazionale esista; o che, per lo meno, questo fenomeno non sia rivelabile col congegno da me ora sperimentato, perchè troppo delicato, o perchè mascherato da una causa che, pur lasciando accusare alla bilancia i 2 millesimi di mg. predetti, non consente ad essa di indicare valori alquanto più grandi o più piccoli. Un tale fatto potrebbe verificarsi p. e. se il giogo nel muoversi, incontrasse qualche ostacolo dovuto ad attrito nei coltelli o ad altra imperfezione.

Preoccupato da tale considerazione, ho istituito una doppia serie di verifiche o controlli, tendenti ad allontanare quel dubbio. Da un canto ho avuto frequentemente cura di determinare lo smorzamento delle oscillazioni della bilancia: risultava così costantemente il rapporto tra due elongazioni consecutive e dallo stesso lato, di 0,9 circa: ritengo che sarebbe stato difficile od impossibile accrescere notevolmente tale rapporto nella speciale mia disposizione, rappresentando quella cifra il limite imposto dalla lavorazione anche la più accurata dei coltelli. L'osservazione saltuaria dello smorzamento mi ha permesso talvolta di accorgermi e di eliminare prontamente qualche causa perturbatrice insospettata, come il depositarsi di un velo sottilissimo di resina su tutto il giogo, dovuto alla condensazione di vapori emessi sotto l'azione del calore e del vuoto, dal mastice adoperato per chiudere la bilancia. La costanza dello smorzamento, constatata nel passare da ampie a piccole oscillazioni, mi ha fatto poi escludere l'esistenza di anormali condizioni del sistema oscillante.

Ma d'altro canto, ho istituito una verifica più diretta della giustezza di tale conclusione. Senza muovere i piombi, ho accresciuto lo sforzo esercitantesi sul braccio destro del giogo (quello cioè che sostiene la sfera), di qualche millesimo di mg.: e cioè da 1 a 5, in più esperienze successive. Questo scopo è stato da me raggiunto ponendo a varie distanze al disotto della custodia della sfera, un disco circolare di piombo di circa 15 kg., e calcolando a priori, per la conoscenza delle sue dimensioni e della sua distanza dal centro della sfera, la forza newtoniana così occasionata. Si comprende ora che con tal modo di procedere, non si generi alcuna deformazione perturbatrice sul sostegno della bilancia, e che è quindi inutile in tal caso servirsi del controllo a mercurio, o dell'esperienza *in bianco, tara-contrappeso*. Ebbene, facendo le medie di parecchie osservazioni, che qui non riporto, così eseguite, ho constatato che realmente le inclinazioni del giogo, caso per caso,

seguono esattamente i valori dello sforzo aggiunto, variabile come si è detto da 1 a 5 millesimi di milligrammo. Ciò vuol dire che il giogo è perfettamente sensibile a tali delicatissimi sovraccarichi.

Ritornando ora all'esame della tabella numerica precedente, rimane a interpretare il fatto per cui le cifre *tara-contrappeso* e *sfera-contrappeso* non sieno troppo differenti, pur ammettendo l'esistenza dell'assorbimento gravitazionale; ed è facile vedere come ciò sia possibile tenendo conto delle cause newtoniane di errore discussi nella Nota precedente. Anzitutto per quanto riguarda l'*errore magnetico*, esso può essere indicato con maggior precisione dalla media delle 11 osservazioni su riportate:

$$E = -\text{mg. } 0,00147 \pm 0,00009,$$

e si è adottato il segno — perchè esso concorrerebbe a nascondere l'effetto di assorbimento gravitazionale, dapoichè il giogo si abbassa per sua causa dal lato della sfera, contrariamente a quanto avverrebbe per quello, se fosse puro. Effettivamente per l'effetto di assorbimento lordo si hanno, come si è riportato nella tabella, delle cifre che debbono restar positive, perchè il giogo si sposta ancora dalla stessa parte e basterà sommare algebricamente ciascuna di queste con l'errore magnetico e con le altre correzioni newtoniane già studiate, per aver finalmente l'effetto corretto.

Considero, p. e., la prima determinazione dell'assorbimento gravitazionale od effetto lordo su riportata, cioè + mg. 0,00104. Ad essa vanno fatte le seguenti correzioni:

Assorbimento gravit. lordo . . . . .	+ mg.	0,00104
Errore magnetico medio . . . . .	— "	0,00147
Attrazione zattera . . . . .	— "	0,00231
Attrazione masse suss. <sup>ie</sup> . . . . .	— "	0,00180
Attrazione su contrappeso . . . . .	+ "	0,00275
Totale: assorb. gravit. corretto . . . . .		— mg. 0,00179

Le elencate correzioni si fanno analogamente, per tutte le altre 9 serie del caso *sfera-contrappeso*; in complesso abbiamo dunque le 10 osservazioni corrette seguenti, per l'*assorbimento gravitazionale subito dalla sfera di gr. 1274 perchè circondata dai 9616 Kg. di piombo*:

mg.:	— 0,00179	— 0,00261
	— 0,00141	— 0,00221
	— 0,00165	— 0,00206
	— 0,00153	— 0,00242
	— 0,00219	— 0,00218

E la media di esse è

$$-\text{mg. } 0,00201 \pm 0,00010,$$

cioè la sfera di piombo apparisce alleggerita di circa 2/1000 di mg.

DISCUSSIONE DEL RISULTATO. — Lo smorzamento gravitazionale constatato è dunque circa la metà di quello presunto in base alle prime esperienze. Il disaccordo può dipendere o da imperfezione della mia teoria, la quale sarebbe così valevole in prima approssimazione soltanto, oppure da errori in una od in entrambe le due serie di misure. Debbo ritenere più probabile l'esistenza di qualche errore nella prima serie (quella col mercurio); ma d'altro canto è da tener presente che le difficoltà incontrate, e che ho cercato di superare, nel servirmi della massa schermante di piombo di 10 tonnellate circa, hanno dato alla seconda serie di misure un grado di incertezza relativa, alquanto superiore.

Peraltro, l'importanza dell'argomento è tale, che è da augurarsi la ripetizione delle mie esperienze per opera di altri fisici; con ciò solo, si potrà acquistare la assoluta certezza, se non del valore numerico, almeno della esistenza generica dell'assorbimento gravitazionale.

Comunque, in base al constatato affievolimento del peso della sfera, si può cercare di calcolare quale sia il valore della costante  $h$ , secondo le ipotesi a suo tempo avanzate. All'uopo, analogamente a quanto già dissi nelle prime ricerche col mercurio<sup>(1)</sup> occorrerebbe trovare lo spessore medio del *mantello di piombo* che, circondando la sfera, ne occasiona la diminuzione di peso. Il calcolo rigoroso sarebbe assai difficile tenuto conto che la massa schermante è cubica anziché sferica; anzi sotto certi riguardi si può ritenere indeterminato, giacché non si conosce la distribuzione delle masse che costituiscono il globo terrestre. Se le più pesanti fossero localizzate in prossimità del centro di tale globo, si comprenderebbe come l'assorbimento verrebbe a manifestarsi principalmente lungo le verticali passanti per i vari punti della sfera; e cioè per un tratto uguale al mezzo lato del cubo, meno il raggio della nicchia N (fig. 2). Ciò equivale a  $\text{cm. } 47,5 - 4,4 = \text{cm. } 43,1$ . Ché se poi la densità della terra fosse uniforme (la qualcosa, come è noto è lontana dal vero) anche dei raggi gravitazionali non verticali verrebbero notevolmente affievoliti, ed essi possono raggiungere una lunghezza massima pari alla mezza diagonale del cubo, diminuita, al solito, del raggio della nicchia, cioè di  $\text{cm. } 77$  circa. Ma la semplice considerazione di questo problema geometrico, fa vedere che il caso di raggi talmente lunghi è piuttosto raro di fronte agli infiniti possibili, e che in ogni modo essi, essendo inclinati, danno un contributo piuttosto piccolo alla componente verticale totale che corrisponde al peso della sfera. Per cui, sempre restando dentro i limiti 43 e 77, e nell'impossibilità di stabilire un calcolo rigoroso, ritengo di non esser troppo lontano dal vero ammettendo uno spessore medio del mantello di piombo, di circa 50 cm. Si ha dunque, sapendo che la

(1) Vedi questi Rendiconti, vol. XXIX, pag. 236.

densità del piombo è 11,33:

$$h = \frac{0,000002}{1274 \cdot 11,33 \cdot 50} = 2,8 \cdot 10^{-12}.$$

Ricordo, che nelle prime esperienze avevo avuto per  $h$  il valore  $6,7 \cdot 10^{-12}$ ; per cui anche tale valore rimarrebbe ridotto, secondo le nuove esperienze, alla metà circa di quello calcolato altra volta.

POSSIBILITÀ DI ALTRE CAUSE D'ERRORE. — A me sembra di poter escludere l'esistenza di una causa di errore capace di giustificare completamente la diminuzione di peso constatata nella sfera. Ad ogni modo osservo, come altra volta, che la causa di errore a cui si pensa più facilmente in una ricerca del genere, è la eventuale dissimmetria di massa nei piombi, o l'inesatta valutazione delle attrazioni newtoniane parassite di cui ho parlato. Ora, quanto a queste ultime, se si pensa che esse sono precisamente dell'ordine di un paio di millesimi di mg. ciascuna (come si è visto), si comprende che non vi possa essere in taluna di esse qualche errore, che dovrebbe raggiungere il 100 % circa. Per quanto riguarda la dissimmetria nei piombi, un calcolo sommario fa vedere che per ottenere uno sforzo sulla sfera di circa  $2/1000$  di mg., sarebbe occorsa una dissimmetria della sfera, rispetto alle facce del cubo, di uno spessore di piombo di circa 10 mm.; od, in altri termini, che la sfera fosse stata spostata, in tutte le esperienze, rispetto al centro del cubo, ed in basso, di circa la metà di quel valore cioè di circa 5 mm. È poi da osservare che, in considerazione della esistenza della nicchia N (fig. 2), alla eventuale attrazione della sfera verso una delle facce del cubo (dovuta alla suddetta dissimmetria) si contrapporrebbe l'attrazione generata dalla dissimmetria rispetto alla nicchia; e tale attrazione, come è facile rilevare, sarebbe precisamente di segno contrario e di valore assoluto pochissimo differente dalla prima. Per far comprendere ciò supponiamo che invece di un cubo con una cavità sferica al centro, si fosse trattato di una sfera massiccia, con la stessa cavità centrale. È facile vedere, che in tale caso, qualsiasi punto materiale nell'interno della cavità sferica sarebbe in perfetto equilibrio newtoniano. Il fatto di adoperare un cubo anziché una sfera, pur non essendo esattamente equivalente, non può cambiare di molto questa conclusione, e quindi una dissimmetria nella posizione della sfera nell'interno della nicchia non può dare notevole componente verticale attrattiva.

Per togliere infine qualsiasi altro scrupolo circa la esattezza di tale conclusione ricordo il fatto che l'incertezza di aggiustaggio sia della nicchia che della sfera rispetto al cubo, non può in ogni caso superare 0,5 mm. circa.