

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

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

USO DEL CONTROLLO. — Il descritto congegno di controllo, o come dirò semplicemente il *controllo*, svela le rotazioni del sostegno della bilancia. Per utilizzarlo, procedo nella guisa seguente. Stabilito un punto della scala al posto di osservazione si regola la vite  $r$  in guisa che su di esso cada il raggio di luce riflesso da  $S_2$ ; si portano allora i piombi dalla posizione PP a P'P'; questo raggio si sposta in conseguenza, p. es., di 200 mm. <sup>(1)</sup> in alto. Si tratta ora di ricondurlo alla sua posizione primitiva, senza spostare i piombi; creando cioè una rotazione nel sostegno della bilancia inversa a quella occasionata dalla mutata posizione di quelli. Per raggiungere tale scopo, è tornato assai acconcio usufruire della mobilità di detto sostegno dovuta al suo speciale modo di sospensione con le molle MM (fig. 3). Un filo sottile di argentana è fissato in I ad un'appendice portata del piano LL, ed è avvolto su due carrucole  $D_1, D_2$ , ad imperniatura assai delicata. Di esse, la  $D_1$  è prossima alla bilancia, come vedesi in figura, e sostenuta opportunamente dal piano TT; l'altra trovasi discosta per circa 3 metri. Al filo di argentana è finalmente legato un disco circolare di ferro Z che funge da armatura di un'elettrocalamita J. In questa circola in permanenza una corrente di qualche decimo di ampère, regolabile dal posto di osservazione con opportuno reostato. La distanza di J dalla bilancia è tale che nessuna sensibile azione da parte sua sulle parti magnetiche della bilancia sia da temersi. Si vede allora che affievolendo la corrente in J, il sostegno della bilancia può ruotare alquanto per il cedimento delle molle MM, ed è così possibile riportare l'indice luminoso riflesso da  $S_2$  nella sua primitiva posizione, venendosi a correggere con ogni esattezza la rotazione perturbatrice constatata. È ovvio poi, che se si osservasse uno spostamento dell'indice luminoso verso il basso anzichè verso l'alto, esso verrebbe corretto con un accrescimento della corrente in J.

Si può obiettare che le rotazioni impresse al sostegno della bilancia, sia dal moto dei piombi che dal *controllo* sieno certamente accompagnate da spostamenti traslatorii rispetto alle lampade di proiezione e alla scala di lettura, e che quindi questi possano indurre qualche errore nella valuta-

<sup>(1)</sup> Per quanto si è detto tale valore può mutare notevolmente da una esperienza all'altra.

zione degli effetti. Ma, come già dissi, tali spostamenti, che del resto sono dell'ordine di  $\frac{1}{10}$  di mm., non possono trasferirsi nelle letture sulla scala, giacchè gli specchi  $S_1$  ed  $S_2$  sono piani.

In ogni caso se, malgrado tutto, una certa causa di errore continuasse a persistere, essa non potrebbe essere che molto ridotta di fronte a quella che si aveva senza l'uso del controllo. Le letture incrociate, fatte caricando alternativamente il giogo col sistema *sfera-contrappeso* o con l'altro *tara-contrappeso*, certamente permetteranno la eliminazione di tale errore residuale.

L'uso del controllo, eliminando nelle osservazioni la accennata capricciosa causa di errore, le rende fra loro perfettamente comparabili ai fini della presente ricerca; esse vanno peraltro corrette, in conseguenza della esistenza di altre cause, che restando sensibilmente costanti da una misura all'altra o che essendo esattamente prevedibili, non possono lasciare incertezza alcuna sul risultato finale. Di tali cause debbo ora discorrere, prima di accennare a questo risultato.

CAUSE MAGNETICHE DI ERRORE. — Il mutamento nella posizione dei piombi, essendo questi, insieme con i loro sostegni, costituiti da materiale più o meno magnetico, e in piccola parte anche da ferro (connessioni dei pezzi delle armature ABCD, viti calanti, motorini elettrici ecc.), può esercitare qualche azione sulla posizione di equilibrio della bilancia. Il giogo di questa, come nella prima serie di esperienze, ha i tre coltelli in acciaio; ma il suo indice verticale a lettura diretta in H (fig. 3), che poteva causare le maggiori perturbazioni magnetiche, è stato sostituito con altro di ottone; può dunque rimanere qualche azione perturbatrice su quelli, ed in minima parte anche sul resto del giogo. Essa può esser provocata per il moto dei piombi, dal campo magnetico terrestre (in conseguenza della varia permeabilità magnetica di questi e dei loro accessori), od anche da magnetismo residuo delle parti mobili, specie di quelle in ferro.

Con l'uso del controllo, e quando si sperimenta *in bianco* cioè con *tara-contrappeso*, qualsiasi perturbazione meccanica, dovuta cioè alle deformazioni dell'edificio resta, come si è detto eliminata; non interviene neppure, come si dirà appresso, alcuna azione newtoniana sensibile, dovuta cioè alla azione attrattiva dei piombi sul giogo, variabile con la posizione di quelli. Ma con tutto ciò si osserva sempre in tale esperimento uno spostamento della posizione di equilibrio del giogo, al trasferirsi dei piombi dall'una all'altra posizione. Un attento studio di tale fatto mi ha convinto che questo spostamento non può essere occasionato che da un'azione magnetica. Essa verrebbe a corrispondere ad una forza pondero-motrice differenziale sulle due braccia del giogo dovuta alla lieve dissimetria dei piombi rispetto a queste, o ad ineguali proprietà magnetiche dei due coltelli estremi. Per cui, se dalle osservazioni del ricercato effetto di assorbimento gravitazionale fatte quando il giogo è caricato.

col sistema *sfera-contrappeso*, si sottrae lo spostamento della posizione di equilibrio del giogo osservato con l'esperimento *in bianco*, si viene ad eliminare un errore che voglio chiamare semplicemente *errore magnetico*.

Si potrebbe sospettare peraltro che quando si sperimenta con il sistema *sfera-contrappeso*, anzichè *in bianco*, venendo a mutare la distribuzione delle masse del giogo carico mobile, possa intervenire altra perturbazione magnetica; ma tale dubbio non ha fondamento, come ho potuto accertarmi con l'esperimento seguente. Al disotto della custodia sferica M (fig. 2) ho fissato una piccolissima bilancia magnetica d'inclinazione con ago corto orizzontale oscillante intorno ad un coltello, in un piano verticale parallelo a quello della figura, e precisamente contenuto fra i due piombi quando questi sono in una delle due posizioni estreme. L'ago della bilancia magnetica porta uno specchietto, per l'osservazione, su scala verticale, dei suoi spostamenti. Rilevo così che il trasferire i piombi da PP a P'P', o viceversa, fa spostare, per pura azione magnetica, un raggio riflesso dello specchietto di 24 mm. Indi, avendo allontanati i piombi in PP, pongo sotto la bilancia magnetica un magnete ausiliario, osservando così uno spostamento sulla scala verticale di circa 2500 mm., cioè circa 100 volte maggiore.

In una seconda serie di osservazioni, avendo rimosso la bilancia magnetica, determino l'azione del magnete ausiliario sulla bilancia H, quando il suo giogo è carico col sistema *sfera-contrappeso*; tale azione si svolge principalmente, e direi quasi esclusivamente, sulla sfera di piombo; giacchè il magnete è a questa vicinissimo ed è assai lontano dal giogo di H. Ed essa è dell'ordine di qualche decimo di mm.; cioè è dello stesso ordine di grandezza dell'effetto di assorbimento gravitazionale ricercato. Da tutto ciò si deduce che la perturbazione magnetica, mentre varia da 1 a 100 sulla bilancia magnetica a seconda che essa sia occasionata dai piombi o dal magnete ausiliario, rimane, se mai, dello stesso ordine di grandezza per quanto riguarda la sfera di piombo. La sola spiegazione plausibile di tale risultato è che l'azione magnetica, per parte dei piombi, sulla sfera, manchi del tutto. Che questa conclusione sia attendibile risulta anche dal fatto che il piombo impiegato nella confezione della sfera è assai puro, e che questo metallo, come è noto, ha lievissime proprietà magnetiche e propriamente diamagnetiche. Rimane dunque giustificata la dicitura di *errore magnetico* adottata per le osservazioni fatte col sistema *tara-contrappeso*.

CAUSE NEWTONIANE DI ERRORE. — Queste cause sono, nell'apparecchio da me utilizzato, tre: attrazione delle zattere Z (fig. 2) sulla sfera; attrazione delle masse sussidiarie mobili (viti calanti, bracci CD, BD, tavolette e motorino K, ecc.) sulla sfera; attrazione dei piombi e di tutte le altre parti mobili sul contrappeso. Prescindo dunque da eventuali dissimmetrie di massa dei due piombi rispetto alla sfera; un calcolo opportuno dimostra che se esse sono contenute dentro i limiti imposti dalla esattezza costruttiva

delle varie parti dell'apparecchio, non occasionano effetti perturbatori. Pre-  
sciendo inoltre dal fatto che il contrappeso C e la tara K (fig. 3) non sono  
allo stesso livello e si trovano in posizione dissimmetrica rispetto ai piombi,  
occasionando ciò ancora errore perfettamente trascurabile. E passo alla di-  
scussione delle tre cause suddette.

ATTRAZIONE DELLE ZATTERE. — Le due zattere di legno Z (fig. 2) co-  
stituiscono un'unica massa prismatica a base quadrata di cm. 95 di lato e  
dell'altezza di cm. 15,3. Essa agisce notevolmente sulla sfera quando i piombi  
si trovano P'P'; ed agisce anche, benchè assai più lievemente, nel senso  
di dare ancora una componente verticale, quando i piombi sono in PP; ma  
in questo secondo caso l'effetto è trascurabile, come è facile vedere, tenendo  
conto delle distanze fra le varie parti dell'apparecchio. Si tratta dunque di  
calcolare con esattezza la prima azione. Ora, se teniamo presente che il  
centro della sfera trovasi sulla verticale passante per il centro della zattera  
complessiva quadrata ed orizzontale, dicendo  $a$  il mezzo lato della zattera,  
 $b$  lo spessore di questa,  $l$  la distanza tra la sua faccia superiore ed il centro  
della sfera, si dimostra <sup>(1)</sup> che la cercata attrazione è data da:

$$A_1 = 4 K M \varrho a \log \frac{(\sqrt{2a^2 + l^2} + a)(\sqrt{2a^2 + (b+l)^2} - a)}{(\sqrt{2a^2 + l^2} - a)(\sqrt{2a^2 + (b+l)^2} + a)} -$$

$$- l \left( \operatorname{arctg} \frac{a}{l} + 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2a^2 + l^2}}{l} - 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{a^2 + l^2} + a}{l} \right) +$$

$$+ (b+l) \left( \operatorname{arctg} \frac{a}{b+l} + 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2a^2 + (b+l)^2}}{b+l} - \right.$$

$$\left. - 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{a^2 + (b+l)^2} + a}{b+l} \right)$$

dove  $K$  è la costante universale newtoniana,  $M$  è la massa della sfera di  
piombo e  $\varrho$  è la densità del materiale che costituisce la zattera.

Nel caso delle mie esperienze si ha:  $M = 1274$  gr.;  $\varrho = 0,985$ ;  
 $a = 47,5$  cm.;  $b = 15,3$  cm.;  $l = 47,5$  cm. Tenendo conto che  $K = 6,68 \cdot 10^{-8}$ ,  
e sostituendo si ha:

$$A_1 = 0,00227 \text{ dine} = 0,00231 \text{ mg.}$$

Tale attrazione si manifesta quando i piombi e la zattera sono in PP;  
essa fa apparire la sfera più pesante. Per cui il cercato effetto di assorbimento  
gravitazionale, che consiste in una diminuzione di peso, viene ad  
essere diminuito apparentemente da tale causa perturbatrice. Poichè in con-

(1) Il calcolo relativo, basato semplicemente sulla legge di Newton, è stato cortesemente  
eseguito dal mio collega prof. Fubini, che sento il dovere di ringraziare.

seguenza di ciò indicheremo con una cifra negativa quell'effetto, dobbiamo dire che anche  $A_1$  abbia valore negativo, in guisa cioè che tale attrazione si dovrà sommare con l'effetto di assorbimento, accrescendolo in valore assoluto. Sarà dunque effettivamente

$$A_1 = -0,00231 \text{ mg.}$$

ATTRAZIONE DELLE MASSE SUSSIDIARIE. — Anche queste danno una componente attrattiva verticale differente da zero sulla sfera, tanto che si trovino in corrispondenza della posizione P'P' che dell'altra PP. Essendo esse situate in località più basse delle zattere Z, anche in questo ultimo caso la componente può avere un valore non trascurabile. Occorre dunque calcolare il valore di tali attrazioni per le due posizioni suddette: la loro differenza ci darà la correzione  $A_2$ , che sarà evidentemente negativa come  $A_1$ . Ma questo calcolo non può farsi di colpo con una sola formula, analogamente a quanto si è fatto per le zattere Z; si tratta infatti di masse attraenti di forma assai complessa e di densità che può variare da punto a punto. Ci si deve dunque accontentare di scomporre le varie parti CD, BD, motorino K, ecc., in altre parti elementari più piccole, di conosciuto volume e densità, oppure di conosciuta massa; supponendole poi concentrate al rispettivo centro di gravità, è sufficiente applicare la formula di Newton fra masse puntiformi. Ho eseguito effettivamente tale scomposizione, e le masse elementari,  $m$ , così risultanti sono state in numero di 73. Diciamo  $x_1, y_1, z$  ed  $x, y, z$  le coordinate di una qualunque di esse rispetto a tre assi ortogonali (di cui  $x$  è orizzontale e parallelo al piano della fig. 2,  $y$  è normale a questo piano, e  $z$  è verticale) che abbiano l'origine nel centro della sfera di piombo; tali coordinate si riferiscono alle due posizioni P'P' e PP delle armature, e si comprende perchè quelle verticali  $z$ , sieno eguali nei due casi.

È facile vedere che la cercata differenza delle due componenti verticali attrattive della massa elementare  $m$  considerata, è espressa dalla relazione:

$$a = KMms \left( \frac{1}{(x_1^2 + y_1^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \right).$$

Eseguito il calcolo ho trovato i singoli valori di  $a$  per le 73 masse elementari. Essi variano fra un centomillesimo ed un decimillesimo di mg., e la loro somma complessiva dà la cercata correzione  $A_2$ :

$$A_2 = -0,00180 \text{ mg.}$$

ATTRAZIONI SUL CONTRAPPESO. — Al muoversi dei piombi, le attrazioni elementari delle loro varie parti, comprese le masse sussidiarie sul contrappeso C (fig. 2), variano. Si possono così calcolare le componenti verticali risultanti di tutte queste attrazioni per le due posizioni PP e P'P'.

e farne la differenza, servendosi della formula del paragrafo precedente. Ma il valore risultante  $A_3$  va preso con segno contrario a quello delle due attrazioni precedentemente studiate, perchè il detto contrappeso è sostenuto al braccio di sinistra della bilancia, mentre la sfera, su cui quelle attrazioni si manifestano, è portata dal braccio destro.

A determinare il valore di  $A_3$  contribuiscono quasi esclusivamente le masse dei due piombi (circa 10 tonnellate); mentre le masse sussidiarie, la cui azione si è considerata per la determinazione di  $A_2$ , essendo di valore relativamente piccolo rispetto ai piombi, danno contributo quasi trascurabile. Risulta così che:

$$A_3 = + 0,00275 \text{ mg.}$$

Così computati gli effetti delle varie cause perturbatrici, mi riservo nelle prossime Note di esporre i risultati numerici delle osservazioni.

Chimica industriale. — *Sui mercaptotiazoli come acceleranti della vulcanizzazione* (1). Nota del Corrispondente G. BRUNI e di E. ROMANI.

In una Nota presentata a codesta Accademia, nella seduta del 2 maggio 1921, e pubblicata nei Rendiconti, vol. XXX, 1° sem., pag. 337-344, abbiamo esposto come i mercaptobenzotiazoli in presenza di ossidi metallici, od i loro sali metallici, siano potenti acceleranti della vulcanizzazione, ed inoltre, come alla loro formazione nell'interno delle mescolanze per azione dello zolfo su svariate sostanze aromatiche azotate, sia dovuta la azione accelerante di queste ultime.

Abbiamo anche detto come l'azione di questi corpi sia dovuta alla formazione dei rispettivi disolfuri i quali possono perdere zolfo e riacquistarlo analogamente, a quanto fanno i disolfuri di tiourame.

Contemporaneamente alla nostra comunicazione i Sigg. Bedford e Sebrill ne tenevano una alla American Chemical Society nella quale pure sono nominati i mercaptobenzotiazoli e relativi sali metallici come acceleranti (2).

Noi abbiamo voluto provare se i corrispondenti composti contenenti il nucleo tiazolico non condensato con quello benzolico, avessero le medesime proprietà e la nostra previsione è risultata confermata.

(1) Lavoro eseguito nel Laboratorio di ricerche chimiche e chimico-fisiche della Società Italiana Pirelli. Milano, agosto 1921.

(2) Chemical and Metallurg. Engineering, 12 maggio 1921.