

## Nota preliminare sopra quattro nuovi strumenti.

P. BARRECA.

In due comunicazioni, tenute il 5 ed il 6 corrente Marzo alla Società italiana di Fisica, adunata a Roma in accordo col Congresso della Società italiana per il progresso delle scienze, ho esposto concetti fondamentali per la costruzione di un nuovo elettrodinamometro, di un nuovo elettrometro capillare e di due microbilancie <sup>1)</sup>.

Tali comunicazioni avevano carattere di note preliminari, non essendomi stato possibile negli ultimi due anni di attendere a lavori sperimentali, a causa di molteplici altre occupazioni; ne approfittavo per chiedere che qualcuno volesse sperimentare i nuovi dispositivi e pubblicare i relativi risultati. Debbo, naturalmente, scusarmi di non farlo io stesso, avvertendo che prevedibilmente non potrò farlo immediatamente.

I quattro strumenti erano:

a) *Un elettrodinamometro.* — Per esporne il concetto, osserviamo che negli elettrodinamometri a bobine disposte ortogonalmente tra loro (ad esempio in quello di Siemens) le linee di forza incontrano i filetti conduttori della bobina mobile sotto angoli  $\alpha$  variabili, i quali non essendo tutti retti (vedi fig. 1) fanno che il peso del rame dell'equipaggio mobile non possa venire utilizzato ugualmente e nel miglior modo per lo sviluppo delle forze ponderomotrici. Le cose vanno diversamente in quegli elettrodinamometri nei quali una bobina

<sup>1)</sup> Per un errore della Segreteria del Congresso della Società italiana per il progresso delle scienze, la seconda di tali comunicazioni (« Note preliminari sopra un nuovo elettrometro capillare ed una nuova seconda microbilancia ») non fu annunziata nel bollettino giornaliero. Compariranno entrambe nei verbali della Società di Fisica.

mobile circolare è disposta conassialmente a due bobine fisse di ugual forma (ad es. nella bilancia di Kelvin). Qui si fanno percorrere dalla corrente le due bobine fisse in senso opposto, cosicchè il loro campo risultante (fig. 2) sgorga dalla stretta intercapedine tra di esse investendo radialmente la spira

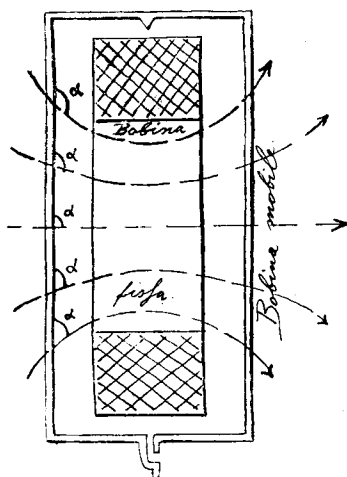


Fig. 1.

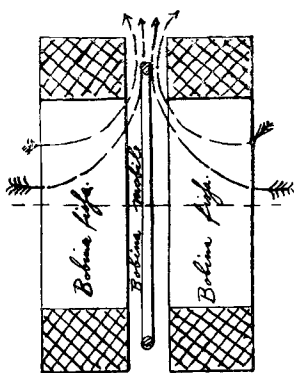


Fig. 2.

circolare, o le spire circolari, mobili; l'angolo  $\alpha$  è retto dappertutto, cosicchè se questa, o queste, sono sottili nel loro insieme <sup>1)</sup>, il rame mobile è utilizzato ovunque nel miglior modo.

In entrambi i tipi poi, si cerca di concentrare il flusso sulla parte mobile (nel Siemens si usa perciò una bobina fissa a forma rettangolare allungata, onde ottenere una specie di feritoia, avanti la quale si presentano i lati verticali di quella mobile), affinchè pur essendo nulla (in entrambi) la mutua induzione tra parte fissa e parte mobile, la derivata di essa rispetto al movimento ed entro piccoli movimenti riesca no-

<sup>1)</sup> Se la bobina circolare mobile è poco spessa, essa può ritenersi tutta collocata nel piano mediano della costruzione; ivi le forze magnetiche sono disposte esattamente secondo il raggio, senza componente assiale, la quale è inutile per la produzione del movimento di traslazione.

tevole e così riesca notevole anche la sollecitazione meccanica, che le è proporzionale.

Nell'elettrodinamometro conassiale, che propongo, dò alla sezione meridiana delle bobine circolari fisse una forma geometrica tale, che anche in esse il rame venga utilizzato in modo uniforme e tale da raggiungere la massima sensibilità per data resistenza, oppure (ciò che è lo stesso) per sensibilità data, resistenza minima.

All'uopo considero il quoziente  $u$  che dà la forza traslatoria complessiva sviluppata da una spira generica appartenente alle bobine fisse (nel suo agire sulla data mobile) quando venga divisa per la lunghezza della spira fissa medesima. Suppongo la bobina mobile ridotta ad una sola spira di filo sottilissimo ed il tutto percorso da corrente data invariabile. Traccio poi nel piano meridiano le infinite linee luogo dei punti in cui tale quoziente conserva valori costanti.

Supponendo di costruire con materiale isolante il solido di rivoluzione che ammette una qualunque di tali curve, od un pezzo di tali curve, per sezione meridiana, esso gode (con frequenza non grande, tale che le correnti di spostamento da una spira all'altra, a causa della capacità interposta, non meritino di essere prese in considerazione) della proprietà, che un metro di filo sottile avvolto ovunque su di esso, produce sempre una medesima deviazione per una medesima corrente.

Se uno di tali solidi ha ad es. parametro  $u$  metà di un altro occorrerà usare su di esso una lunghezza doppia di filo per produrre un medesimo effetto;  $u$  potrebbe dunque considerarsi come un coefficiente che misura la utilizzazione del rame dentro le bobine fisse. Ma se invece di pensare all'azione esercitata dalla spira fissa generica sopra la bobinetta mobile, ci occupiamo della uguale reazione che la prima subisce da parte di quest'ultima, scorgiamo che tale rapporto è in sostanza la componente radiale delle forze magnetiche svolte dalla bobina mobile. Ne segue che le curve meridiane proposte sono il luogo dei punti in cui tale componente radiale è costante.

La spezzata rettangolare formata dai due assi è una curva degenera della famiglia di tali curve ed il suo coefficiente di utilizzazione è zero, come si può vedere osservando che una

spira fissa posta nel medesimo piano dell'equipaggio mobile subisce reazione nulla. Supponendo di disegnare tutte le curve del quadrante positivo, al quale possiamo limitare le nostre considerazioni e considerando le striscie infinitesime comprese tra curve successive ottenute per eguali incrementi  $du$  del parametro  $u$ , possiamo dapprima riempire, con sezione di filo di rame, quelle a parametro più elevato, poi successivamente, con il filo rimasto disponibile da quello che ci siamo prefissi di alloggiare le altre nelle quali  $u$  sia minore di infinitamente poco e così via, in modo da lasciare libere ogni volta quelle a costante meno grande. Avremo così l'elettrodinamometro di minima resistenza per data sensibilità, o di massima sensibilità per data resistenza.

Naturalmente, in pratica, tireremo simmetricamente due piani normali all'asse delle  $x$ , distanti alcuni mm. dall'origine, per lasciare spazio libero allo equipaggio mobile ed altri due consimili piani alla distanza che riterremo conveniente e ci imponremo di non attraversarli, onde limitare assialmente l'ingombro, o lunghezza massima secondo l'asse. Il contorno, dunque, della sezione del volume occupato dalla bobina sarà fatto di pezzi di curva  $u = \text{cost.}$  e delle intersezioni di tali piani.

La sostanza di quanto precede non dipende, naturalmente, dalla forma effettiva di queste curve <sup>1)</sup>.

Una volta costruito l'apparecchio, o meglio soltanto dopo averlo progettato tracciando per punti le curve  $u = \text{cost.}$  prescelte, occorrerà fare il confronto con bobine che si ritengano usuali, per misurare o calcolare, quale è il guadagno ottenuto in sensibilità (per pari resistenza), oppure il risparmio in resistenza (a pari sensibilità). Ma in ciò occorre fare attenzione a diverse cose:

In primo luogo, se si sarà portati a fare il confronto con bobine di sezione a forma del tutto diversa da quelle dise-

<sup>1)</sup> Non ho tracciato tale forma effettiva. Che anche con l'esposizione che avevo adottata al Congresso (leggermente diversa dalla attuale, in quanto faceva a meno della reazione della bobina mobile) si potesse dedurre a priori che tali curve sono limitate (ciò che ora consegue immediatamente), risultò la prima volta da una discussione con l'amico Ing- Prof. G. Vallauri.

gnate, a sezione rettangolare, che impieghino la stessa quantità di rame, i risultati lasceranno qualche dubbio, se non si fisserà prima quale raggio e quale rapporto tra i lati della sezione ed esso si vorranno considerare come attualmente usuali e i risultati potranno variare a seconda dei casi. In proposito però si potranno prendere sopra strumenti già costruiti i rapporti tra tali dimensioni (bilancie di Kelvin, ecc.).

In secondo luogo, potrebbe venire in mente, dopo aver tracciata (secondo la teoria esposta di sopra) una sezione massiccia a più strati, di sostituirla con due normali all'asse e con due parallele a questo, le quali (nei casi in cui sarà possibile) seguendo all'incirca l'andamento del contorno già segnato, impieghino però rigorosamente la stessa quantità di rame. Ciò corrisponde ad un rapporto che (caso per caso) è ben definito tra i lati del rettangolo scelto per sezione e tra essi ed il raggio ed il guadagno in sensibilità potrebbe anche, *a priori*, risultare assai scarso, ove i due contorni che si confrontano si seguissero da vicino. Ma, naturalmente, con ciò il rettangolo imiterebbe *a posteriori* l'andamento calcolato e si tratterebbe in sostanza di applicare in parte il metodo propugnato, onde dedurne la posizione e la forma del rettangolo più utile.

Veniamo a qualche particolare costruttivo. La trasformazione del moto longitudinale ed assiale in uno rotativo, preferibile meccanicamente, si potrà ottenere collocando uno o due equipaggi mobili allo estremo, od agli estremi, di un giogo di bilancia, come nell'apparecchio di Kelvin, oppure all'estremo, od agli estremi, di un'asticella orizzontale leggiera, portata da fibre metalliche a torsione, come quelle usate ad es. nei galvanometri D'Arsonval a riflessione. Tali dispositivi non richiedono schiarimenti. Si potrà anche costruire il nuovo elettrodinamometro come segue: Le bobine siano disposte con l'asse verticale e nel vuoto interno della superiore passi una sospensione bifilare che sopporti la bobina mobile orizzontale. Dopo aver collocato in stazione lo strumento e la scala per le immagini reali, od il cannocchiale con scala, si colleghi alla parte mobile un magnetino (di molla da orologio) del quale si produca poi una discreta deflessione mediante un

magnete direttore posto sopra, o sotto, l'apparecchio. Si riconduca a zero questa lettura torcendo la testa della sospensione bifilare, o spostando la scala e gli apparecchi connessi. Con ciò il bifilare resta torto ed ogni sollecitazione verticale sull'equipaggio mobile, corrispondendo ad aumento, o diminuzione, apparente del peso, produce una deviazione. Una curva empirica, od una formola dedotta teoricamente (ma con costanti determinabili piuttosto sperimentalmente), metteranno in relazione le letture e le correnti corrispondenti.

Un particolare costruttivo che meriterà attenzione sarà quello della testa di sospensione del bifilare, se ci si vorrà attenere a questo sistema. Infatti, è noto che tendere egualmente i due fili è una operazione che richiede qualche cura; Maxwell aveva in proposito proposto sistemi speciali di tre carrucole, adottate poi anche da Fröhlich. Io fabbricherei la testa di sospensione come è rappresentata schematicamente dalla. fig 3. Le estremità superiori dei filini metallici della

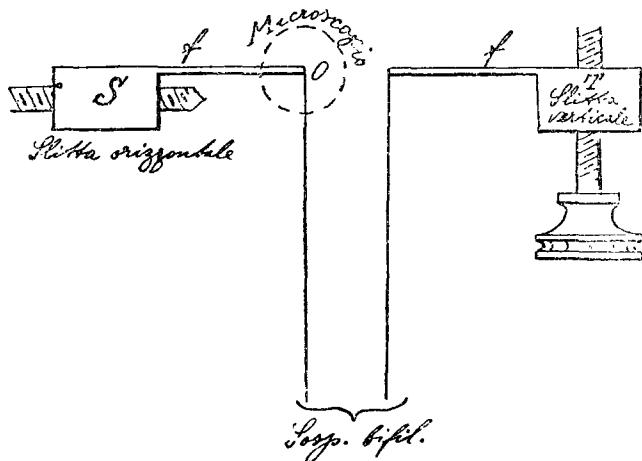


Fig. 3.

sospensione sarebbero saldati alle estremità di due filini di ottone *ff*, sufficientemente sottili per dare una freccia di qualche mm. sotto il peso della parte sospesa. Di fronte all'estremo O di uno di essi starebbe un microscopio semplice

e dietro di esso una piccola scala per leggere le frecce elastiche. L'altro sarebbe portato da una slitta verticale T mobile mediante vite micrometrica, movendo la quale si farebbe compiere all'estremo del primo (entro il campo del microscopio) una certa elongazione corrispondente ai due casi di carico portato tutto dal filo destro e carico portato tutto dal filo sinistro. Dopo ciò non vi sarebbe che a muovere di nuovo, in modo da leggere la media aritmetica di tali letture estreme, per avere ripartito egualmente il peso. La slitta orizzontale S servirebbe a rendere paralleli i due fili; due molle eliminerebbero i giuochi morti delle slitte. Questa costruzione potrebbe anche essere resa più semplice.

In eventuali montaggi e demontaggi le bobine fisse dovranno riprendere esattamente la posizione che fu loro assegnata e che del resto si può ritrovare, essendo quella che dà la massima sensibilità.

b) *Un elettrometro capillare.* — Costruisco un elettrometro capillare col prendere un vaso parallelopipedo di vetro pieno di un petrolio piuttosto pesante, o di altro olio sufficientemente trasparente e sospendervi una grossa massa di soluzione di alcool nell'acqua, la quale abbia la medesima densità (liquido di Plateau). Più in generale, potranno adoperarsi coibenti liquidi trasparenti e masse liquide conduttrici equipesanti. Su due facce esterne opposte del vaso si applicheranno due armature di stagnola o di lamina metallica, oppure si immergeranno elettrodi nel petrolio, simmetricamente rispetto al conduttore liquido. Applicando una differenza di potenziale tra essi, verranno caricate ugualmente ed oppostamente, per influenza, le due superfici prospicienti della massa conduttrice, la quale si deformerà perdendo la forma sferica ed allungandosi nel senso della congiungente i punti di mezzo di tali elettrodi. In ogni punto della superficie la differenza tra la tensione elettrica (che sarà proporzionale a  $\sigma^2$ , quadrato della densità elettrica ivi) e la pressione generata dalle forze capillari (proporzionale alla curvatura media ivi) sarà la medesima. La esatta forma geometrica di tale superficie dipenderà dalla forma assegnata alle armature.

La fig. 4 mostra schematicamente un modo di eseguire tale apparecchio, nel quale quando accidentalmente si sia disfatta la bolla liquida, si può (dopo averla estratta con una siringa) produrne una nuova, col sollevare gradualmente il recipiente R dopo averne aperto il rubinetto. Occorrerà un dispositivo per misurare gli allungamenti secondo l'asse, mediante traguardi, o altrimenti; la forma indicata pel conduttore liquido è qualsiasi.

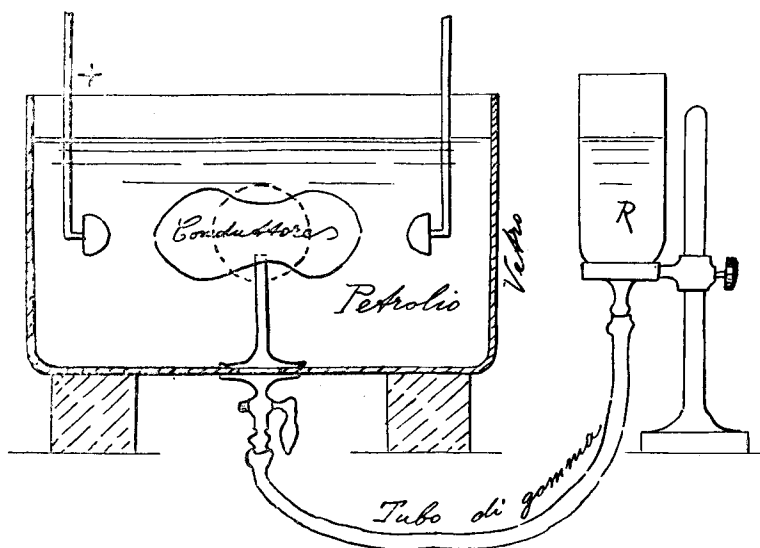


Fig. 4.

Con olio d'oliva e soluzione alcoolica si ripresenterà probabilmente la circostanza, notata dagli sperimentatori di fenomeni capillari, che la costante capillare relativa alla superficie di separazione muta col tempo, perchè la soluzione stessa scioglie tracce di corpi solubili contenute nell'olio; in tal caso la curva empirica che graduerà lo strumento, dovrà farsi dopo qualche tempo, oppure prima di adoperare l'olio lo si sbatterà a parte con alcool allungato, ma di peso specifico nettamente differente, per renderne facile la separazione. Vincere questa ed altre più o meno imprevedibili difficoltà dovrà essere opera dello sperimentatore.



Già il Prof. Sella ed il Prof. Carpinì avevano pensato di utilizzare la deformazione che per il sovrastare di una sfera elettrizzata si produce nella superficie orizzontale del mercurio, onde dedurne il potenziale della sfera rispetto ad esso. A causa della forza antagonista notevole (il peso del mercurio) il metodo era poco sensibile.

È anche notorio che Quincke, poi Hoor, Clark, Kirchhoff, si sono occupati di determinare la costante dielettrica di un liquido dall'aumento di pressione che si verifica in una bolla d'aria in esso contenuta ed in mezzo ad elettrodi. Anche qui la forza antagonista era notevole (forza elastica dell'aria della bolla) e perciò tutti questi dispositivi differiscono essenzialmente dal nostro.

c) *Una microbilancia a torsione di bifilare.* — Se in una bilancia ordinaria stimiamo ad un decimo di mm. gr. la sensibilità raggiungibile per carico massimo di 1 Kg., abbiamo una sensibilità relativa notevole ( $1:10^7$ ). Col diminuire del carico la sensibilità relativa scema e per carichi totali dell'ordine del mm. gr. diviene assai bassa. Di qui l'utilità di bilancie speciali per piccoli carichi e capaci di indicare variazioni assai piccole. Una bilancia per piccoli carichi fu già costruita da Guglielmo (*Rendiconti dei Lincei*, 1901 e 1903) con giogo in vetro immerso nell'acqua, così da deprimere il momento proveniente dalla non coincidenza del centro di sospensione col centro di gravità mediante l'impicciolimento del peso apparente; essa però doveva essere di uso alquanto incomodo. Una bilancia per carichi da  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  grammi fu costruita da Salvioni nel 1901 ed usata poi da lui e da Giesen (*Annalen der Physik*, 1903) in diverse ricerche. Consta, come è noto, di un filino orizzontale di vetro lungo alcuni centimetri, che mediante un piccolo gancetto di platino viene caricato all'estremo libero col peso da valutare; ne segue una freccia elastica, che viene misurata al micrometro oculare di un microscopio.

In una delle due microbilancie, che propongo qui, uso una sospensione bifilare del tutto analoga a quella che ho descritto per l'elettrodinamometro conassiale di minima resistenza, cioè con magnetino aggiunto dopo averla messa in

stazione, deviato indi mediante magneti direttore e con la corrispondente lettura riportata poi a zero torcendo la testa superiore, od anche spostando il dispositivo a scala per le letture a riflessione. Essendo la posizione di equilibrio quella in cui la coppia magnetica equilibra la coppia prodotta dalla gravità mediante il bifilare, la aggiunta di un piccolo peso produrrà una deflessione tale da ricondurre ancora a zero la differenza delle due coppie opposte. Invece della bobina orizzontale disporremo, dunque, un piccolo piattello leggero (ad esempio in mica sottile) e dalle letture, mediante la formola delle sospensioni bifilari (Winkelmann's Handbuch der Physik, V, 82) opportunamente modificata, oppure da curve empiriche di graduazione con pesi noti, od infine con metodi di sostituzione a deviazione costante, dedurremo il valore del peso aggiunto.

Occorre, naturalmente, disporre un meccanismo semplice e sicuro per arrestare la bilancia e per caricarla. Gioverà anche che il dispositivo di fermata sia tale da permettere il facile trasporto dell'insieme. La testa di sospensione potrà essere identica a quella descritta per l'elettrodinamometro, onde conseguire, o rapidamente verificare, l'eguale tensione dei fili di bozzolo.

d) *Un'altra microbilancia (a deformazioni elastiche).* — In una seconda microbilancia, che propongo, si userebbero gli allungamenti elastici di un filo di ragno verticale fissato per la sua estremità superiore e recante all'estremo inferiore un gancetto, od un piattello, leggero, di peso sufficiente però a tenderlo. Tra i fili di ragno occorrerà scegliere i più elastici; quelli disposti radialmente nelle ragnatele sarebbero piuttosto rigidi, secondo C. V. Boys (*Seifenblasen*, 2.<sup>a</sup> ediz. Pag. 43), mentre una parte degli altri sarebbe elastica <sup>1)</sup>. Le difficoltà sperimentali da superare per realizzare questa microbilancia, non si potranno conoscere esattamente che nel provare a costruirla, non di meno, in massima, possiamo fin da ora fare attenzione alle seguenti circostanze:

<sup>1)</sup> Vedi anche: I. H. Fabre. *Souvenirs entomologiques*, 9.<sup>e</sup> Série, Pages 111-112.

1.º Occorrerà studiare prima se e dentro quali limiti, si verifichi nei fili di ragno la legge di Hooke della proporzionalità degli allungamenti alle forze; nel caso che essa non si verifichi, ma sia trascurabile l'isteresi elastica, si potranno usare curve empiriche per sostituirla nel calcolo dei pesi, oppure si potrà usare esclusivamente la pesata per sostituzione. L'influenza dello stato igrometrico e della temperatura dell'aria dovranno venire esaminate. Se invece risulterà che vi è isteresi elastica non trascurabile, occorrerà studiare come si possano porre i confronti dei pesi in identiche condizioni anche da questo lato.

2.º Occorrerà col concorso di entomologi provare e paragonare molti fili di insetti di specie diverse.

3.º Occorrerà studiare dispositivi per la lettura, per l'arresto della bilancia, pel suo caricamento, per la immobilizzazione nei trasporti, ecc.

4.º L'astuccio che difenderà dalle correnti d'aria sarà (in tutto od in parte) annerito internamente, per fornire uno sfondo scuro sul quale sia più visibile il filo. La pesiera rappresenterà un altro oggetto degno di ricerche.