

Ore	T	Ore	θ
10 ^h ,50 ^m	95°,0	12 ^h ,47 ^m	22°,20
12,10	95,0	12,53	22,20
12,47	95,0	1,14	22,40
12,50	95,0		

Le linee costruite con questi valori mostrano un andamento regolarissimo; andamento che si manifesta in tutte le misure fatte. Malgrado che il mio metodo sperimentale non richieda una grande precisione sul valore assoluto delle temperature del calorimetro, è mia intenzione di confrontare i termometri calorimetrici costruiti dal Golaz e dal Baudin con dei termometri Tonnelot studiati all'Ufficio internazionale dei pesi e misure, che sono a mia disposizione, eseguendo il confronto con tutte le cure che un tale studio richiede e riferendo tutte le temperature al termometro a gas ¹).



GALVANOMETRI COMPENSATI A SENSIBILITÀ COSTANTE;
NOTA DEL PROF. GUIDO GRASSI.

(Dai *Rend. della R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, Giugno 1891).

Nella misura dell'intensità di una corrente elettrica i galvanometri ordinari, all'infuori di quello a torsione di Siemens, offrono l'inconveniente di avere una sensibilità assoluta molto variabile; e propriamente nei primi gradi di deviazione la sensibilità è maggiore, poi va diminuendo continuamente man mano che la deviazione cresce.

Ciò si osserva particolarmente nella bussola delle tangenti, dove la sensibilità *assoluta* è proporzionale al quadrato del coseno dell'angolo di deviazione, e per conseguenza essa è massima a 0° poi va sempre diminuendo mentre l'ago devia; a 30° si ri-

1) In queste ricerche sono stato aiutato dallo studente sig. Antonio Umani, con molto zelo ed attività.

duce a $\frac{3}{4}$, a 45° è $\frac{1}{2}$, a 60° è $\frac{1}{4}$, a 75° scende a $\frac{1}{16}$ circa, poi decresce ancora più rapidamente.

Per ovviare a questo inconveniente bisogna limitare le osservazioni alle piccole deviazioni, che non oltrepassano 30° , se si vuole che una data variazione nella intensità della corrente sia sempre misurata coll' egual grado di esattezza.

Io ho pensato di togliere invece questo difetto della bussola delle tangenti, e in generale di un galvanometro qualunque, colla seguente disposizione.

Al circuito ordinario del galvanometro o della bussola, collocato nel meridiano magnetico, ne aggiungo un altro detto *compensatore*, disposto normalmente al meridiano stesso e col suo asse passante pel centro dell' ago magnetico. La corrente stessa deve percorrere i due circuiti; ma quello compensatore deve esser percorso in direzione tale da produrre un campo magnetico contrario a quello terrestre.

Il calcolo della intensità, quando il galvanometro abbia la forma di una bussola di tangenti, si eseguisce facilmente.

Suppongasì di dare agli anelli circolari che portano i due circuiti dimensioni tali, rispetto a quelle dell' ago, da poter trascurare nella espressione dell' azione elettromagnetica della corrente i termini che contengono la 4^a potenza del rapporto fra la lunghezza dell' ago e il diametro del cerchio.

Sia r il raggio dell' anello parallelo al meridiano magnetico; d la distanza del suo piano dal centro dell' ago; a la distanza dal centro dell' ago al lembo del cerchio; n il numero delle spire; l la semilunghezza dell' ago.

Quando passa la corrente d' intensità i (in misura assoluta elettromagnetica), l' ago devia di un angolo α ; la forza esercitata dalla corrente, in direzione normale all' ago, sull' unità di magnetismo è

$$f = 2 \pi n i \frac{r^2}{a^3} \left[1 + \frac{3}{4} \frac{r^2 - 4d^2}{a^2} (1 - 5 \sin^2 \alpha) \frac{l^2}{a^2} \right] \cos \alpha.$$

Sia r_1 il raggio del cerchio compensatore, d_1 , a_1 , n_1 le quantità analoghe, come pel circuito precedente. La forza esercitata normalmente all' ago, sull' unità di magnetismo, ha un' espres-

sione simile alla precedente, salvo che in luogo di α si deve porre il suo complemento; risulta la detta forza

$$f_1 = 2\pi n_1 i \frac{r_1^2}{a_1^3} \left[1 + \frac{3}{4} \frac{r_1^2 - 4d_1^2}{a_1^2} (1 - 5 \cos^2 \alpha) \frac{l^2}{a_1^2} \right] \sin \alpha.$$

Il magnetismo terrestre H esercita una forza, che, riferita pure all'unità di magnetismo e valutata in direzione normale all'ago, sarà

$$F = H \sin \alpha.$$

Affinchè vi sia equilibrio si deve avere

$$F = f + f_1.$$

Fatte le sostituzioni, e ponendo per brevità,

$$\begin{aligned} A &= \frac{n_1 r_1^2}{n r^2} \frac{a^3}{a_1^3} \\ B &= \frac{3}{4} \frac{r^2 - 4d^2}{a^2} \frac{l^2}{a_2} \\ B_1 &= \frac{3}{4} \frac{r_1^2 - 4d_1^2}{a_1^2} \frac{l^2}{a_1^2} \end{aligned}$$

si ottiene

$$(1) \quad i = \frac{Ha^3}{2\pi n r^2} \frac{\tan \alpha}{1 + A \tan \alpha + B(1 - 5 \sin^2 \alpha) + AB_1(1 - 5 \cos^2 \alpha) \tan \alpha}$$

Questa formola permette di calcolare l'intensità in misura assoluta quando siano conosciute le dimensioni dei due circuiti.

Se si costruisce la bussola in modo che il rapporto $\frac{l^2}{a^2}$ sia molto piccolo, come si fa d'ordinario, le costanti B e B_1 si possono trascurare e si ha

$$(2) \quad i = \frac{Ha^3}{2\pi n r^2} \frac{\tan \alpha}{1 + A \tan \alpha}.$$

Allo stesso risultato si giunge se, come nella bussola di Gaugain, si pongono i due circuiti a distanze

$$d = \frac{1}{2} r \quad d_1 = \frac{1}{2} r_1$$

poichè allora B e B₁ si annullano.

Finalmente se i due cerchi, l'uno normale all'altro e di grandi dimensioni rispetto all'ago, si dispongono in modo che i loro centri coincidano con quello dell'ago, si ha

$$a = r \quad a_1 = r_1 \quad d = d_1 = 0$$

e quindi

$$(3) \quad i = \frac{Hr}{2\pi} \frac{\tan \alpha}{1 + A \tan \alpha}$$

dove

$$A = \frac{n_1 r}{n r_1}.$$

La legge secondo cui varia la sensibilità è sempre molto simile a quella espressa dalla formola (3), poichè la formola completa (1) differisce da quest'ultima soltanto per alcuni termini correttivi che modificano ben poco i risultati definitivi.

La differenza fra la (3) e la formola ordinaria della bussola delle tangenti consiste nell'aggiunta del termine $A \tan \alpha$ al denominatore; ed è appunto quest'aggiunta che permette di rendere la sensibilità quasi costante.

La sensibilità assoluta essendo il rapporto fra la variazione dell'angolo di deviazione α e la variazione dell'intensità, è facile dedurre dalla (3) che la detta sensibilità sarà espressa da

$$\frac{2\pi}{Hr} (\cos \alpha + A \sin \alpha^2)$$

mentre nella bussola delle tangenti è $\frac{2\pi}{Hr} \cos^2 \alpha$.

Anche la formola (2) ci dà la stessa legge di variabilità, salvo la costante. Scegliendo opportunamente il valore di A, ossia le dimensioni e la posizione del circuito compensatore si può ottenere una sensibilità che varia pochissimo da 0° fino a 90°.

Il termine $A \sin \alpha$ cresce fino ad $\alpha = 90^\circ$, mentre $\cos \alpha$ di-

minuisce. È facile riconoscere che con $A = 1$ la sensibilità si mantiene fra limiti abbastanza ristretti fino a 90° .

Nella tabella seguente raccolgo i valori di

$$\frac{\tan \alpha}{1 + A \tan \alpha}$$

per $A = 0$ e per $A = 1$, cioè i valori relativi dell'intensità misurati colla bussola ordinaria delle tangenti e colla bussola compensata, essendo in questa i due circuiti eguali ed egualmente distanti dall'ago.

Bussola tangenti			Bussola compensata	
α	$\tan \alpha$	Diff.	$\frac{\tan \alpha}{1 + \tan \alpha}$	Diff.
0	0		0	
		0,1763		0,1499
10	0,1763		0,1499	
		0,1877		0,1169
20	0,3640		0,2668	
		0,2133		0,0992
30	0,5773		0,3660	
		0,2618		0,0902
40	0,8391		0,4562	
		0,3526		0,0876
50	1,1917		0,5438	
		0,5403		0,0902
60	1,7320		0,6340	
		1,0155		0,0991
70	2,7475		0,7331	
		2,9238		0,1169
80	5,6713		0,8501	
		∞		0,1499
90	∞		1	

La stessa corrente che nella bussola delle tangenti dà 40° di deviazione, nella bussola compensata ne darebbe quasi 80° .

Le differenze successive segnate a fianco dei valori delle intensità servono a mostrare come varia la sensibilità. Così fra 50° e 60° nella bussola delle tangenti occorre un aumento di corrente $= 0,5403$ per produrre una deviazione di 10° , mentre nella bussola compensata la stessa deviazione si ottiene con un [aumento d'intensità $= 0,0902$ cioè circa $\frac{1}{6}$ del precedente.

Lo stesso principio si può applicare a qualunque galvanometro. Quando non si voglia uno strumento per misure assolute, il rocchetto compensatore può ricevere una forma qualunque; se questo rocchetto si colloca a distanza opportuna si può ridurre od accrescere la sensibilità a quel grado che si desidera per qualunque deviazione. Quando si volesse ottenere una grande sensibilità bisognerebbe dare al rocchetto compensatore una azione prevalente rispetto all'altro.

La bussola compensata nel modo descritto sopra è utilissima in molte applicazioni, poichè essendo la sensibilità quasi costante fino oltre 80° , si può adottare il metodo di *lettura diretta*, cioè coll'indice e il quadrante graduato, invece di ricorrere alle bussole a riflessione come si deve fare per limitare le letture a piccole deviazioni. La compensazione poi non richiede che un secondo avvolgimento normale a quello ordinario. Se l'avvolgimento compensatore ha un diametro diverso dall'altro converrà regolare il numero delle spire in modo che sia

$$n_1 r = n r_1$$

ossia il numero delle spire proporzionale al diametro. Se questa eguaglianza non si può effettuare esattamente, basterà tener conto del rapporto

$$\frac{n_1 r}{n r_1} = A$$

e introdurre questo nella formola (3).

Il rocchetto compensatore si può anche rendere mobile, cosicchè variando la sua distanza dall'ago si fa variare a piacere la sensibilità dell'apparecchio.

Anche negli altri galvanometri la compensazione può presentare molti vantaggi, essendo utilissimo in molte misure e in molte applicazioni industriali avere dei galvanometri le cui indicazioni siano all'incirca proporzionali alle intensità delle correnti. Questi galvanometri dovendo sempre essere tarati e graduati empiricamente, non v'è alcun inconveniente se la proporzionalità non è perfetta; ciò che più si cerca è la sensibilità poco variabile.

