

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCXCVI.

1899

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VIII.

2° SEMESTRE.



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1899

laris Desh., *N. subirregularis* De la H., *Assilina*, a galestri, a Peridotiti, dell' Appennino settentrionale cessa presso a poco sulla destra del Tevere, nè più ricomparisce, se non, per quanto riguarda le rocce dell' Eocene superiore. in varie parti dell' Appennino Pugliese e Basilisco, come di là dall' Adriatico nei dintorni di Cattaro e di Spizza.

Nell' Appennino centrale e meridionale, come in tutta la parte centrale e meridionale della penisola Balcanica, l' Eocene medio è rappresentato da calcari a grosse *Nummulites*. Arenarie eoceniche in questa regione appenninica non ne conosciamo, ed è probabile che le arenarie ivi tanto estese appartengano al Miocene medio. Il Patroni dimostrò già la pertinenza a questa età di quelle di Baselice nel Beneventano.

Fisica. — *Sulle variazioni dell' effetto Peltier in un campo magnetico.* Nota di A. POCHETTINO, presentata dal Socio BLASERNA.

Fra le più notevoli relazioni che legano il magnetismo agli altri fenomeni fisici una delle più interessanti è certamente quella segnalata per la prima volta da Lord Kelvin ⁽¹⁾: ossia l' influenza della magnetizzazione sulle proprietà termoelettriche del ferro e dell' acciaio. Le esperienze di Lord Kelvin sono però puramente qualitative, le prime misure sull' argomento sono quelle di Strouhal e Barus ⁽²⁾ i quali studiando una coppia ferro-rame magnetizzata longitudinalmente da un campo di 35 unità C. G. S. trovarono che la forza elettromotrice era maggiore nel campo che fuori di esso. Dopo Strouhal e Barus, Chassagny ⁽³⁾ eseguì un' estesa serie di esperienze constatando che è bensì vero che la forza elettromotrice di una coppia ferro-rame, posta in un campo magnetico, varia al variare dell' intensità del campo, ma mentre da principio cresce fino a un massimo per un campo di 55 unità, decresce poi in seguito al crescere dell' intensità del campo.

La ricerca più completa su questo argomento è senza dubbio quella di Houllevigue ⁽⁴⁾; egli con numerosissime ed accurate esperienze arriva alla seguente conclusione: la forza elettromotrice di una coppia ferro-rame, viene modificata da un campo magnetico, cresce dapprima fino ad un massimo e ritorna al suo valore normale in un campo di 350 unità e finalmente decresce.

Nella presente Nota mi propongo di esporre i risultati di alcune esperienze eseguite nel R. Istituto Fisico di Roma al fine di constatare quale influenza abbia la magnetizzazione longitudinale sul valore dell' effetto Pel-

⁽¹⁾ Phil. Trans. L. R. S. pag. 722, 1856.

⁽²⁾ Wied. Ann. XIV, pag. 54, 1881.

⁽³⁾ C. R. CXVI, pag. 977, 1893.

⁽⁴⁾ Ann. de Chim. et de Phys. (7), VII, pag. 495, 1896.

tier in una saldatura ferro-rame e vedere fino a qual punto i miei risultati si accordino con quelli che si possono dedurre dalle esperienze di Houllevigue mediante la nota formola di Thomson che lega il coefficiente dell'effetto Peltier al valore della forza termoelettromotrice fra due metalli. I metodi finora escogitati per la misura del coefficiente dell'effetto Peltier sono di due specie: o si fondano su misure calorimetriche o su misure di temperatura nella saldatura. Data l'indole della ricerca non potei pensare d'adoperare misure di calorimetria perchè troppo difficile sarebbe stato porre un calorimetro di sufficiente esattezza in un campo magnetico uniforme; dovetti dunque usare altro metodo. Appartenenti all'altro tipo non vi sono a mia conoscenza che due metodi, uno ideato dal Roux (1) che consiste nel produrre l'effetto Peltier che si vuol misurare in contatto con una delle faccie di una pila termoelettrica ed equilibrare la sua azione mediante un riscaldamento prodotto sull'altra faccia da una corrente variabile a volontà attraversante una resistenza costante. Questo metodo però anche usato con tutti gli accorgimenti che pratica e teoria suggeriscono non conduce alla necessaria sensibilità. Per conseguenza non mi rimase che adottare l'altro procedimento ideato dal sig. Straneo e da lui pubblicato nella Nota (2) *Sulla Temperatura di un conduttore lineare bimetallico*. Non starò a ripetere qui come egli arrivi alla misura del coefficiente dell'effetto Peltier mediante la considerazione di tutti i fenomeni termici che si producono in un conduttore lineare composto di due metalli, percorso da una corrente di data intensità, ossia: Propagazione del calore nell'interno causato dalle conducibilità calorifiche interne, flusso di calore verso l'esterno attraverso la superficie di contatto coll'aria ambiente, effetto Joule, effetto Thomson, effetto Peltier, trattandosi di una Nota pubblicata in questi stessi Rendiconti. Riporterò solo la formola finale ricordando ch'essa vale nel caso di un conduttore cilindrico composto di due metà eguali di diverso metallo, di cui le due estremità siano mantenute ad una temperatura fissa che si assume come origine, temperatura che si ammette essere eguale a quella dell'ambiente esterno, e nell'ipotesi che le variazioni massime di temperatura si limitino a pochi gradi di modo che si possa trascurare l'effetto Thomson.

La temperatura del conduttore così considerato tende al crescere del tempo ad uno stato stazionario; chiamando ΔU la differenza fra le due temperature stazionarie nella saldatura per due direzioni opposte della corrente riscaldante si giunge alla formola

$$(1) \Delta U = 2 \frac{\pi}{l} \frac{(e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{\lambda_2 l_2})}{k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}) + k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}$$

(1) Ann. de Chim. et de Phys. (4), X, pag. 282, 1867.

(2) Rend. Acc. Lincei, 1898, 1° semestre, pag. 346.

dove P è il coefficiente dell'effetto Peltier, q è la sezione comune alle due metà del conduttore, i è l'intensità della corrente riscaldante, k_1 e k_2 sono rispettivamente le conducibilità termiche interne dei due metalli di cui si compone il conduttore, l_1 l_2 le loro rispettive lunghezze e

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q}} \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q}}$$

essendo h_1 e h_2 le conducibilità termiche esterne dei due metalli e p il loro comune perimetro. Dalla (1) si ha:

$$(2) P = \frac{qAU[k_1\lambda_1(e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}) + k_2\lambda_2(e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})]}{2i(e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2})}$$

formola che ci permette il calcolo di P in funzione di tutte quantità misurabili con acconcie esperienze, ossia in funzione di k_1 k_2 h_1 h_2 i q , p . AU .

Per realizzare le condizioni ai limiti richieste dallo sviluppo del sig. Straneo e far avvenire il fenomeno in un campo magnetico uniforme, operai così: Il conduttore era formato da due cilindretti, uno di rame e l'altro di ferro chimicamente puri, saldati ad argento sul prolungamento l'uno dell'altro; le sue due estremità erano saldate a due cassette di rame munite di convenienti tubature onde far circolare in esse dell'acqua corrente; l'aria circolante la superficie del conduttore era completamente avvolta da un doppio involucro cilindrico in ferro vicinissimo ad essa; fra le due pareti di questo doppio cilindro si poteva far correre la stessa acqua delle cassette di rame. Attorno alla cassetta di ferro era avvolto il filo accuratamente isolato formando un'elica magnetizzante composta da cinque strati di filo, ed estendentesi lungo tutta la lunghezza del conduttore; il filo era tale da poter essere percorso anche da una corrente di 25 Ampère senza essere quasi riscaldato. La corrente riscaldante era fornita da due accumulatori accoppiati, mediante apposito commutatore poteva essere invertita, e veniva misurata mediante un amperometro ordinario; la corrente magnetizzante veniva data da una batteria di 12 accumulatori.

Le misure di temperatura erano eseguite mediante una piccolissima pila termoelettrica, una saldatura della quale era fissata nella saldatura ferro-rame e l'altra era messa in una provetta di vetro immersa mediante apposita tubatura nell'acqua corrente della cassetta di ferro avvolgente il conduttore.

Veniamo ora alle singole misure e alle precauzioni da usarsi nelle medesime. Cominciamo dalla determinazione delle conducibilità termiche interne ed esterne dei due metalli. Trattandosi di quantità che variano da pezzo a pezzo dello stesso metallo, occorre conoscerle proprio per i due cilindretti con cui si voleva sperimentare. A ciò provvede un metodo abbastanza esatto

per i nostri scopi, ideato dallo stesso Straneo e da lui pubblicato nella Nota: *Sulla determinazione simultanea delle conducibilità termiche ed elettrica dei metalli a varie temperature* (1), metodo di cui mi sono servito anch'io per la sua comodità nel caso di cui mi occupavo, giacchè con ciò misuravo queste quantità nello stesso campo magnetico in cui poi si effettuavano le esperienze.

Una questione che si presenta subito qui è la seguente: La conducibilità termica interna e forse l'esterna vengono modificate dalla magnetizzazione; ora trattandosi di misurare l'effetto Peltier in un campo magnetico con un metodo che richiede la nozione esatta di quelle costanti, non bisognerà forse tener conto delle loro variazioni nella misura di P? Per rispondere a questa domanda basta vedere quale influenza esercitino sul valore misurato del coefficiente dell'effetto Peltier piccole variazioni nelle k . Derivando opportunamente la (2) si arriva alla seguente relazione:

$$dP = \left\{ \frac{q \cdot AU \cdot \lambda_1 (e^{\lambda_1 t_1} + e^{-\lambda_1 t_1})}{2i(e^{\lambda_1 t_1} - e^{-\lambda_1 t_1})} - \frac{AU \cdot h_1 p (e^{\lambda_1 t_1} + e^{-\lambda_1 t_1})}{4i\lambda_1 k_1 (e^{\lambda_1 t_1} - e^{-\lambda_1 t_1})} - \frac{AU \cdot \lambda_1 l_1^2 h_1 p}{4ik_1 (e^{\lambda_1 t_1} - e^{-\lambda_1 t_1})^2} [(e^{\lambda_1 t_1} - e^{-\lambda_1 t_1})^2 - (e^{\lambda_1 t_1} + e^{-\lambda_1 t_1})^2] \right\} dk_1$$

dove sostituendo alle varie costanti i loro valori approssimati si ha:

$$dP = -0,008 dk_1.$$

Di qui si vede che una variazione del valore di k_1 (*ferro*) quale viene causata da una magnetizzazione longitudinale, che secondo le esperienze del prof. Battelli (2) ammonterebbe a +0,002 del valore totale per un campo di ben 1500 unità, non ha alcuna influenza sensibile sul valore di P, e che questo in ogni caso diminuirebbe.

Dovendosi ora cercare di ottenere contemporaneamente una discreta sensibilità e una completa indifferenza rispetto al campo magnetico preferii usare per costruire le mie pile termoelettriche dei fili sottilissimi di argentana ed argento. Queste pile oltre una forza termoelettromotrice invariabile in un campo magnetico, il che venne accuratamente controllato con numerose calibrizioni fuori e dentro il campo magnetico, davano una sensibilità col galvanometro usato da permettere la misura del $\frac{1}{1000}$ di grado. Dette pile venivano fissate a stagno per una saldatura al punto d'unione dei due metalli componenti il conduttore; nella collocazione appunto di questa saldatura s'incontrò la massima difficoltà: infatti se i due fili della pila non si trova-

(1) Rend. R. Acc. Lincei, 1898, 1° semestre, pag. 197.

(2) Atti Acc. Torino, pag. 559, 1886.

vano approssimativamente nello stesso piano sezione del conduttore bimetallico, parte della corrente riscaldante penetrava per uno dei detti fili e dava una forte botta all'ago del galvanometro nell'istante della chiusura della corrente riscaldante. Una deviazione improvvisa, violenta alla chiusura del circuito indicava l'inconveniente che si cercava di eliminare mediante una migliore saldatura della pila; dopo cinque o sei tentativi questa collocazione riusciva se non completamente almeno con sufficiente esattezza. La calibrazione della pila termoelettrica avveniva senza dissaldarla mediante un buon termometro così: Si lasciava correre l'acqua nelle cassette per un certo tempo finchè si poteva esser sicuri che la saldatura ne avesse assunto la temperatura, e poi si riscaldava in modo noto l'altra saldatura libera, riscaldando con la mano la provvettina di vetro piena di glicerina in cui essa era immersa, e che, nelle misure ordinarie, era fissata in modo da trovarsi per due terzi immersa nell'acqua della cassetta centrale.

La misura dell'intensità del campo magnetico nel punto della saldatura veniva effettuata mediante il noto metodo delle scariche indotte osservate al galvanometro balistico; la bobina adoperata era piccolissima e costruita in modo da poter essere adattata molto vicina al conduttore bimetallico nell'interno dell'elica magnetizzante.

Con questo metodo avevo il vantaggio di compiere tale misura senza spostare tutto l'apparecchio e senza dover sopporre la corrente magnetizzante costante, cosa di cui non sarei stato sicuro nel caso che avessi interrotto la corrente per un certo tempo onde disporre altrimenti l'apparecchio; di più non era necessario conoscere l'intensità della corrente magnetizzante.

Riassumendo, i vantaggi della disposizione adottata sono i seguenti: Non occorre smontare l'apparecchio ogni volta per la misura del campo magnetico; la durata di una misura poteva essere qualunque perchè grazie all'apparecchio ad acqua, il riscaldamento delle spire magnetizzanti già piccolo perchè costruite di filo grosso, era assolutamente innocuo pel conduttore centrale; potevo misurare h_1 h_2 nel campo magnetico e in esso campionare anche la pila termoelettrica; non erano più necessarie tutte le precauzioni di cui parla Houllevigue per proteggersi da influenze termiche esterne.

Non mi rimane ora più che riferire i risultati ottenuti, perciò dirò qualcosa sui numeri che qui riporto: H indica l'intensità del campo magnetico in unità C. G. S, I è l'intensità della corrente riscaldante nelle stesse unità, ΔU è la differenza fra le due temperature stazionarie nella saldatura per i due sensi della corrente espressa in gradi centigradi, $\frac{P}{P_1}$ è il rapporto fra i valori di P in un campo nullo e quelli nei varî campi. Per confrontare le mie esperienze con quelle di Houllevigue ⁽¹⁾, ho creduto bene riportare il valore del rapporto $\frac{P}{P_1}$ come si deduce dalla formola empirica

(1) Loc. cit.

H	I	ΔU	P	Medie	$\frac{P}{P_1}$ mis.	$\frac{P}{P_1}$ calc.	Differenza	Tempe- ratura
0	0,4	0,350	0,008816	0,008824	—	—	—	11°
	0,8	0,702	8841					
	1,0	0,875	8816					
	1,4	1,226	8823					
98	0,4	0,356	0,008967	0,008968	0,9839	0,9862	+ 0,0023	11, 2
	0,8	0,712	8967					
	1,0	0,891	8977					
	1,4	1,241	8960					
210	0,4	0,354	0,008917	0,008918	0,9894	0,9911	+ 0,0017	11, 1
	0,8	0,708	8916					
	1,0	0,885	8917					
	1,4	1,240	8924					
306	0,4	0,352	0,008866	0,008856	0,9852	0,9980	+ 0,0128	12
	0,8	0,704	8866					
	1,0	0,876	8826					
	1,4	1,229	8865					
419	0,4	0,348	0,008765	0,008763	1,0069	1,0040	— 0,0029	12
	0,8	0,696	8765					
	1,0	0,869	8765					
	1,4	1,217	8758					
503	0,4	0,344	0,008685	0,008685	1,0160	1,0121	— 0,0039	11, 8
	0,8	0,690	8690					
	1,0	0,862	8685					
	1,4	1,209	8701					
608	0,4	0,342	0,008614	0,008615	1,0243	1,0183	— 0,0060	12
	0,8	0,686	8639					
	1,0	0,855	8614					
	1,4	1,195	8593					
710	0,4	0,339	0,008539	0,008541	1,0331	1,0267	— 0,0064	12, 4
	0,8	0,678	8538					
	1,0	0,848	8544					
	1,4	1,187	8542					
800	0,4	0,335	0,008438	0,008435	1,0462	1,0341	— 0,0121	13
	0,8	0,669	8425					
	1,0	0,839	8453					
	1,4	1,172	8434					
911	0,4	0,330	0,008310	0,008316	1,0611	1,0428	— 0,0183	13
	0,8	0,660	8312					
	1,0	0,826	8322					
	1,4	1,156	8319					
1013	0,4	0,326	0,008211	0,038216	1,0740	1,0504	— 0,0236	13, 1
	0,8	0,654	8236					
	1,0	0,813	8211					
	1,4	1,140	8204					
1109	0,4	0,322	0,008110	0,008119	1 0868	1,0603	— 0,0265	13
	0,8	0,645	8123					
	1,0	0,806	8121					
	1,4	1,129	8125					
1196	0,4	0,316	0,007959	0,007968	1,1074	1,0661	— 0,0413	13, 2
	0,8	0,635	7997					
	1,0	0,788	7939					
	1,2	1,106	7978					

H	I	ΔU	P	Medie	$\frac{P}{P_1}$ mis.	$\frac{P}{P_1}$ calc.	Differenza	Temperatura
1322	0,4	0,311	0,007826	0,007846	1,1246	1,0799	— 0,0447	13° 5
	0,8	0,626	7884					
	1,0	0,778	7838					
	1,2	1,089	7837					
1416	0,4	0,305	0,007682	0,007690	1,1474	1,0881	— 0,0593	13
	0,8	0,609	7670					
	1,0	0,766	7717					
	1,2	1,069	7693					
1511	0,4	0,301	0,007581	0,007597	1,1615	1,1023	— 0,0592	13
	0,8	0,604	7607					
	1,0	0,755	7607					
	1,2	1,055	7592					
1610	0,4	0,297	0,007481	0,007494	1,1775	1,1175	— 0,0600	14
	0,8	0,595	7493					
	1,0	0,744	7493					
	1,2	1,043	7506					
1718	0,4	0,293	0,007380	0,007389	1,1942	1,1333	— 0,0609	13, 9
	0,8	0,586	7380					
	1,0	0,736	7415					
	1,2	1,026	7384					
1803	0,4	0,290	0,007304	0,007317	1,2060	—	—	14
	0,8	0,580	7304					
	1,0	0,729	7345					
	1,4	1,018	7326					
1899	0,4	0,290	0,007304	0,007304	1,2081	—	—	14
	0,8	0,580	7304					
	1,0	0,727	7325					
	1,4	1,015	7305					
1996	0,4	0,290	0,007304	0,007304	1,2081	—	—	14
	0,8	0,580	7304					
	1,0	0,727	7325					
	1,4	1,015	7305					

Da queste misure possiamo concludere:

I. Il valore del coefficiente dell'effetto Peltier, varia colla magnetizzazione, cresce dapprima fino a un massimo valore 0,008968 corrispondentemente a un campo di 98 unità, poi decresce, ripassa pel suo valore normale in corrispondenza a un campo di 345 unità circa. Risultati che si trovano in accordo con quelli che si possono dedurre dalla formola (3).

II. La formola dedotta dalle esperienze di Houllevigue colla formola di Thomson non rappresenta bene il fenomeno che fino a un campo di 700 unità.

III. La variazione del valore di P è indipendente dalla direzione della magnetizzazione. Infatti da esperienze appositamente istituite si vide che, raggiunta la temperatura stazionaria, le condizioni termiche del conduttore non mutavano affatto rovesciando la corrente magnetizzante.