ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCX.

1913

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXII.

1° Semestre.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1913

Matematica. — *Sulla equivalenza dei poliedri.* Nota del prof. ONORATO NICCOLETTI, presentata dal Socio U. DINI.

Meccanica. — *Flusso di energia e velocità di gruppo.* Nota di MARIA FERRARI, presentata dal Socio T. LEVI-CIVITA.

Matematica. — *Sulle serie algebriche semplicemente infinite di gruppi di punti appartenenti a una curva algebrica.* Nota di RUGGIERO TORELLI, presentata dal Socio E. BERTINI.

Fisica. — *Riversibilità dei generatori elettroacustici* (« *summer* »). Nota di P. BARRECA, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Le precedenti Note saranno pubblicate nei prossimi fascicoli.

Fisica. — *Ricerche termo-calorimetriche sul platino a temperatura elevata.* Nota di O. M. CORBINO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Il metodo da me esposto nella Nota presentata all'Accademia il 6 aprile u. s. fu applicato, come sin da allora annunziai, a un filo sottile di platino. I diagrammi pubblicati si riferivano appunto a questo filamento, e servirono per il calcolo della coefficiente m che comparisce nell'esponenziale secondo cui si svolge la piccola variazione della temperatura a partire da quella iniziale. L'alterazione di resistenza del filamento fu sempre inferiore all'uno per cento, e la variazione totale di temperatura Θ cui si riferisce ciascun diagramma non superò mai i 10 gradi.

Del circuito del galvanometro, la cui fibra era di piccola resistenza, faceva parte una resistenza scelta opportunamente perchè la deviazione totale consentisse una buona fotografia del diagramma e il moto della fibra fosse sensibilmente aperiodico. Del difetto di proporzionalità tra corrente e deviazione si tenne conto nel modo già indicato.

La concordanza dei due valori di m ricavati utilizzando due regioni diverse della curva, mentre prova che l'andamento della temperatura nel filo

è veramente esponenziale, come richiede la teoria, dimostra insieme che la fibra seguiva col suo moto la corrente galvanometrica, senza aggiungervi in misura sensibile termini esponenziali proprî, reali o complessi. Questa verifica era necessaria pel fatto che trattandosi di un galvanometro molto sensibile, esso non possiede, come gli oscillografi, un periodo proprio estremamente piccolo.

Il calcolo di $c : \frac{dr}{dt}$ (vedi Nota citata) richiede la misura della intensità di corrente i, del coefficiente m, dello spostamento di compenso D nel filoponte, e delle resistenze contenute nelle tre branche del parallelogrammo. Queste ultime potevano essere lette esattamente sulle cassette di precisione adoperate; lo spostamento D, dell'ordine di grandezza di circa 500 millimetri, poteva misurarsi comodamente con un errore inferiore a un millimetro; i si misurava con un millivolt-amperometro Weston di alta precisione, cosicchè l'errore del valore calcolato per $c : \frac{dr}{dt}$ dipende essenzialmente dall'errore nella misura di m, che è dell'ordine dell'uno per cento. Nelle condizioni più sfavorevoli giudico perciò che l'errore complessivo sia di quell'ordine di grandezza.

La tabella I che segue riporta i risultati delle misure; la prima colonna, denotata con r, contiene le resistenze del filamento presa come unità la resistenza a 0°; l'ultima i valori di $c : \frac{dr}{dt}$ che indicherò d'ora innanzi con la lettera γ_p per ricordare che la capacità calorifica, che comparisce nel rapporto, è quella a pressione costante.

Tabella I.

r	m	$\gamma_p = c_p : \frac{dr}{dt}$
2,72	0,570	730
3,43	1,575	822
4,00	3,19	924
4,64	6,29	1070
5,35	12,0	1275

Si riconosce subito che il rapporto γ_p cresce al crescere della temperatura, mentre si manteneva quasi costante col tungsteno [1].

Un completamento ulteriore della ricerca era quindi necessario: la misura di $\frac{dr}{dt}$ per il filamento adoperato, senza di che era impossibile trarre alcuna deduzione sull'andamento di c col variare della temperatura.

Come è noto il platino ha formato, più che qualunque altro corpo, oggetto di assai numerose e delicate indagini sulla variazione della resistenza

[1] Corbino, Rend. Lincei, vol. XXI, 1° sem., 1912.

con la temperatura. Da Siemens a Callendar, che ne formò base di un vero sistema di termometria di alta precisione, e poscia a Chappuis e Harker e a Waidner e Burgess [1], tutte le ricerche eseguite hanno dimostrato che col termometro in filo di platino puro, di cui si misurano le variazioni di resistenza, possono garentirsi le misure di temperatura, fino alla temperatura raggiunta di 1100°, entro il grado di riproducibilità della scala normale. Ma quelle ricerche hanno appunto dimostrato che anche nel caso di fili di platino di assoluta purezza, è necessario calibrare ciascun termometro con tre punti fissi; mentre un quarto punto è necessario, e basta fino a 1100°, se il platino non è puro.

Il metodo di calcolo è ancora quello di Callendar, analiticamente equivalente all'impiego di una formola parabolica in r, t. Posto per il filo in esame

$$t_p = \frac{r-1}{r_{100}-1} \cdot 100$$

dove si è presa come unità la resistenza a 0°, ed r_{100}, r denotano le resistenze a 100° e alla temperatura centigrada t, si ha

$$t - t_p = \delta \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} \tag{1}$$

in cui δ è un coefficiente costante per un dato filo. L'intervallo fondamentale $r_{100} - 1$ si determina col ghiaccio fondente e i vapori dell'acqua bollente; la costante δ per immersione nei vapori di zolfo bollente, di cui la temperatura è stata fissata a 444,6 sotto la pressione normale [2].

L'intervallo fondamentale $r_{100} - 1$ varia molto da campione a campione di filo, e nello stesso filo varia col tempo e col trattamento termico che esso ha subìto; la costante δ è circa 1,5 per il platino puro e si eleva fino a 1,8 per quello non puro. Ma in questo caso, secondo Waidner e Burgess, la formola di Callendar non dà più risultati esatti a temperature alquanto elevate; per ristabilire l'accordo con la scala normale occorre e basta, fino alla temperatura da loro raggiunta (cioè fino a 1100°), considerare δ come variariabile, secondo la formola

$$\delta = a - b\,t$$

ciò che equivale a introdurre un termine in t^3 nella relazione che dà r in funzione di t. I due autori determinarono le correzioni necessarie, con diversi fili di platino, per ridurre le temperature Callendar a temperature normali

[1] Vedasi per la bibliografia la Memoria di Waidner e Burgess, Bulletin of Bureau of Standars, vol. VI, n. 2, 1909.

[2] Burgess, Phys. Zeitschr., XIV, pag. 152, 1913.

qualora il δ, determinato col punto di fusione dello zolfo, sia diverso da 1,5; si servirono a tal uopo di altri punti fissi (fusione di metalli puri) e delle indicazioni esattamente fedeli d'un termometro in platino puro; cosicchè ricorrendo alla tabella 13 del loro importantissimo lavoro si può eseguire per qualunque filo la calibrazione per mezzo di soli tre punti fissi, quelli di Callendar.

Per poter effettuare la calibrazione del filo da me adoperato nelle misure calorimetriche fu quindi necessario costruirne un termometro; esso fu preparato avvolgendo un pezzo del filo, a elica, su un tubo di quarzo, saldandone le estremità, ad argento, su due anelli di rame, ricoprendo tutto di un lungo tubo di vetro infusibile, e attenuando le conduzioni termiche lungo l'interno del tubo con polveri isolanti e infusibili, fino al principio della spiralina. E poichè i due capi del filo, saldati al rame, si trovavano a livello differente (circa 5 centimetri) le forze termoelettriche dovute a disuguaglianze di temperatura rivelavano facilmente se il filo non assumeva una temperatura uniforme.

Su questo termometrino si eseguì la calibrazione a 0°, a 100°, e al punto di ebollizione dello zolfo, seguendo tutte le precauzioni indicate dagli autori che si sono occupati dell'argomento. A titolo di controllo fu anche eseguita una misura al punto di fusione dello zinco, disposto in una grande stufa elettrica di Heraeus.

Si ottenne così:

$$\frac{r_{100} - 1}{100} = 0{,}00362 \quad , \quad \delta_{444} = 1{,}63 \ ;$$

il valore del primo intervallo si mostrò praticamente invariabile pel fatto che il filo era stato tenuto a lungo nel vuoto a temperature superiori a 1500°, durante le misure calorimetriche.

Il numero ottenuto per δ prova che il platino adoperato non era purissimo; secondo Waidner e Burgess a quel valore di δ corrisponde un errore nella misura delle temperature, con la formola Callendar, che vale 9°,7 a 1000°, ed è molto più rilevante a temperature più elevate. Si può così calcolare che posto

$$\delta = a - b\,t$$

dev'essere in questo caso:

$$a = 1{,}69 \qquad b = 0{,}00014 \, .$$

Se la formola di Callendar così modificata vale anche a temperature superiori a 1100°, si dovrebbe avere per il mio filo, fatti i calcoli necessarî,

$$(2) \qquad r = 1 + 0{,}00368\,t - 0{,}615 \times 10^{-6}\,t^2 + 0{,}05 \times 10^{-9}\,t^3 \, .$$

Che le temperature così calcolate corrispondano al vero, fino al punto di fusione, risulterebbe da questa osservazione. La formola (1) di Callendar (quadratica) darebbe al punto di fusione $r = 5{,}64$; invece la (2), cioè quella modificata da Waidner e Burgess, derebbe $r = 5{,}84$ (si è preso per punto di fusione 1760°). Or appunto con la lampada calorimetrica, dove il filo lungo circa 40 cm. era sospeso ai due estremi nel vuoto, l'esperienza mi aveva già dato come valore della resistenza cui corrisponde la fusione $r = 5{,}84$. A questo valore di r la formola Callendar farebbe corrispondere una temperatura di 1940° che è indubbiamente troppo elevata.

In ogni caso si può esser sicuri che la formola (2) permette di calcolare t, e quindi $\frac{dr}{dt}$, con esattezza non inferiore a quella con cui fu misurato il rapporto $\gamma_p = c_p : \frac{dr}{dt}$. Per avere le temperature corrispondenti ai diversi valori di r fu tracciata una curva in r, t mentre $\frac{dr}{dt}$ fu calcolato derivando la (2). Si ottennero così i numeri della tabella II.

Tabella II.

r	t	$\frac{dr}{dt} \times 1000$
2,72	510°	3,09
3,43	740°	2,85
4,00	956°	2,64
4,64	1210°	2,41
5,35	1525°	2,16

La conoscenza della temperatura t permette di passare dal rapporto $\gamma_p = c_p : \frac{dr}{dt}$ a quello $\gamma_v = c_v : \frac{dr}{dt}$, cioè dai valori a pressione costante a quelli a volume costante, per mezzo della formola di Nernst e Lindemann che nel caso del platino si può scrivere:

$$c_p = c_v [1 + 63 \times 10^{-6} (t + 273)].$$

E poichè son noti i valori di $\frac{dr}{dt}$, dalla tabella II, si può infine dedurre c_v; il risultato del calcolo è riportato nella tabella III, dove c_v è misurato in unità arbitrarie:

Tabella III.

t	γ_p	γ_v	c_v
510°	730	697	215
740°	822	770	219
956°	924	853	225
1210°	1070	969	233
1525°	1275	1130	244

Risulta nettamente dimostrato, dai numeri dell'ultima colonna, che il calore specifico a volume costante aumenta regolarmente con la temperatura.

L'andamento è presso a poco lineare, con variazioni di circa il 14 per mille a ogni 100°.

Una misura assoluta di c_v non fu possibile, poichè non si ebbe agio di fare una pesata abbastanza esatta del filo. Ma poichè al di sotto di 500°, temperatura minima da me sperimentata, esistono già delle buone misure del calore specifico, ciò non apporta inconvenienti apprezzabili. Or le misure citate, anche ridotte a volume costante, dànno come valore del calore atomico un numero notevolmente superiore al limite richiesto dalla teoria dei calori specifici (5,94). Risulta dimostrato dalle mie ricerche che quel valore, già più alto del teorico, va ancora aumentando a temperature più alte. Così posto a 500°

$$A_v = 6{,}47$$

come risulterebbe dalle misure di White [1], si avrebbe secondo i risultati della tabella III, per $t = 1500°$,

$$A_v = 7{,}37$$

e si confermerebbe così, come ebbi già ad osservare pel tungsteno, che nel caso dei metalli il calore atomico è di molto superiore al valore teorico. Come è noto il Koenisberger attribuisce le deviazioni dalla teoria, al contributo che apporterebbero, nel calore assorbito dal corpo, gli elettroni cui si deve la conducibilità metallica.

Non posso a questo punto tacere che queste ricerche erano state da me intraprese con ben diversi propositi. Il metodo che ho seguito nelle diverse pubblicazioni fatte sull'argomento mi permetteva di avere con semplicità la grandezza

$$\gamma_p = c_p : \frac{dr}{dt}$$

per i diversi valori di r; e con una misura approssimata di t era facile passare ai valori di

$$\gamma_v = c_v : \frac{dr}{dt}$$

Io contavo quindi di rappresentare γ_v in funzione di r graficamente, o analiticamente; e allora poichè

$$\int_{r_1}^{r_2} \gamma_v \, dr = \int_{t_1}^{t_2} c_v \, dt$$

[1] Koenisberger, Ber. der D. Physik. Gesellsch. 14 Jahrg. pag. 279, 1912.

supposto c_v costante, come richiede la teoria, e come io speravo di verificare, si sarebbe avuto

$$c_v (t_2 - t_1) = \int_{r_1}^{r_2} \gamma_v \, dr .$$

L'integrale del 2° membro è facilmente calcolabile coi dati dell'esperienza che fornisce γ_v in funzione di r; si sarebbe potuto così ottenere il valore di un intervallo qualsiasi di temperatura $t_2 - t_1$ dal valore dell'integrale del 2° membro tra le resistenze corrispondenti r_1, r_2. Con ciò la misura delle alte temperature si sarebbe ricondotta a una misura di resistenze, senza calibrazione con punti fissi, e senza ricorrere a relazioni empiriche tra r e t, che richiedono sempre una estrapolazione malsicura nel campo delle temperature elevatissime. Si sarebbe avuto quindi un nuovo criterio assoluto per la misura esatta delle alte temperature dei corpi reali, fondato sulla teoria dei calori specifici, come un criterio assoluto è offerto per la temperatura del corpo nero dalla applicazione delle leggi di Stefan o di Wien.

La constatata variabilità del calore specifico ad alta temperatura toglie la possibilità di ricorrere a un metodo così seducente, ma rivela insieme una deficienza inattesa e grave della teoria. Malgrado i progressi recenti dovuti alla ipotesi dei quanti, nel campo delle basse temperature, la teoria dei calori specifici ha ancora molto da fare per portarsi in accordo sicuro coi fatti; e le divergenze più gravi si manifestano proprio nel campo delle alte temperature, per il quale pareva indubitato che la legge di Dulong e Petit avesse la sua piena validità.

Fisica terrestre. — *Sull'azione refrigeratrice dei ghiacciai.* Nota del prof. V. Monti, presentata dal Corrisp. A. Battelli.

1. Che nelle vicinanze delle fronti dei ghiacciai l'atmosfera delle località sottostanti debba, in condizioni convenienti di distanza, di stagione e di ora, presentare temperature più basse di quelle che i soli effetti della altitudine e dell'insolazione importerebbero è cosa, naturalmente, da non mettersi in dubbio Se però si cerca di farsi un'idea quantitativa di questa azione refrigeratrice dei ghiacciai, s'incontrano gravi difficoltà, tanto ricorrendo a elementi di studio diretti come ad elementi indiretti.

Elementi diretti sono le osservazioni termometriche regolari istituite in località più meno vicine alle fronti dei ghiacciai. Le difficoltà che qui si presentano sono di due specie; e cioè:

a) Penuria delle osservazioni stesse in quanto siano prolungate per un tempo sufficiente. Nelle Alpi, p. es., sono tre i bacini glaciali principali che più interesserebbe considerare: quello di Chamonix nel gruppo del