DILATAZIONE TERMICA DEL BISMUTO FUSO VICINO ALLA TEMPERATURA DI FUSIONE, (STUDIO DELLA DILATAZIONE TERMICA DEL BISMUTO FUSO PER MEZZO DI UNA SUA AMALGAMA); NOTA DEL DOTT. PROFESSOR CARLO CATTANEO ¹).

(*Rend. della R. Acc. dei Lincei*, Vol. VII, 1. sem. 1891).

Da un suo lavoro sperimentale sulla densità e dilatazione del bismuto fuso ²), eseguito col metodo dilatometrico, il professor Vicentini aveva potuto concludere che *la massima densità del bismuto fuso si ha alla temperatura di fusione*; in seguito ³) in uno studio analogo il Lüdeking avrebbe ricavato che il bismuto liquido possiede un massimo di densità ad una temperatura prossima a quella della fusione, cioè fra 268° e 270°: che l'aumento dell'unità di volume del bismuto liquido passando dalla temperatura del massimo di densità a quella di solidificazione è approssimativamente di 0,00009 ed inoltre aveva fatto osservare che la discordanza dei suoi dai risultati del Vicentini poteva dipendere dalla minore sensibilità del metodo da questo sperimentatore adottato.

Il prof. Vicentini ⁴), per avere una conferma dei risultati ottenuti col metodo dilatometrico, intraprese nello scorso anno una nuova serie di misura sul bismuto fuso ricorrendo però al metodo idrostatico coll'impiego di una miscela di idrocarburi dotati di elevata temperatura di ebollizione; gli risultò che, entro i limiti di sensibilità concessi dalle condizioni delle esperienze ($\frac{1}{100000}$ circa), *il bismuto fuso non possiede massimo di densità*: per aumentare poi il grado di sensibilità nelle misure mi consigliò di intraprendere (dandomi suggerimenti di cui sentitamente lo ringrazio) lo studio di una amalgama ricca di bismuto con dilatometri di capacità piuttosto rilevanti. Egli è molto probabile che se il massimo di densità del bismuto esiste, analogamente a quanto avviene nelle soluzioni saline acquose, si deve manifestare nelle sue amalgame; d'altra parte l'amalgama

1) Lavoro eseguito nel Gabinetto di fisica della R. Università di Siena.

2) *Atti R. Acc. Scienze*, Torino, XXII, 1886.

3) *Wiedemann's Annalen* Bd. XXXIV, S. 21, 1888.

4) *Rend. Acc. Lincei*, 1890, vol. VI, 2° semestre, fasc. 4 e 5.

studiata avendo una temperatura di saturazione ¹⁾ relativamente bassa è perfettamente liquida fra 200 e 300° e quindi in tal modo non si incorre nel grave inconveniente del metodo del Lüdeking col quale a temperature quasi coincidenti con quello della solidificazione del bismuto (ed alla quale osservava il supposto massimo di densità) il sopracitato sperimentatore pretenderebbe che il filo liquido nel cannello capillare del termometro adoperato seguisse esattamente le variazioni di volume del metallo contenuto nel bulbo, tanto da manifestare variazioni del decimillesimo del volume stesso.

Per lo scopo prefissomi ho quindi anzitutto preparato circa 300 grammi di una amalgama di bismuto purissimo del Trommsdorff, fatta a parti uguali in peso, lasciando sciogliere a dolce calore (in modo che non volatilizzasse mercurio) il bismuto in un crogiuolo di carbone di storta: versata poi in una provetta di vetro, ne studiai la temperatura di saturazione col metodo già altre volte adottato ²⁾, temperatura che riuscì di 162°.7. In questa ricerca ho adoperato due dilatometri che avevano il bulbo fatto con due tratti della medesima canna di vetro; dalla calibrazione eseguita con mercurio distillato nel vuoto ottenni i dati seguenti:

Per il primo dilatometro:

$$V = 19^{\text{cc}},5176 \quad v = 0^{\text{cc}},00145$$

Per il secondo:

$$V = 19,0764 \quad v = 0,00154$$

V e v sono rispettivamente il volume totale a 0° del dilatometro sino alla divisione 100 del cannello ed il volume medio di una di queste divisioni.

I due piccoli dilatometri del Lüdeking fornivano i dati seguenti:

$$\begin{aligned} V &= 0^{\text{cc}},29887 & v &= 0^{\text{cc}},000051 \\ V &= 0,43355 & v &= 0,000075 \end{aligned}$$

1) Secondo la definizione del Vicentini la *temperatura di saturazione di una lega* sarebbe quella a cui incomincia a separarsi nella massa della lega chimica, che si conserva liquida, il metallo eccedente, vale a dire la temperatura alla quale questo satura quella.

2) Cattaneo, *R. Acc. Torino* vol. XXV, 1890, § 2.

Il calcolo dei dati sperimentali dà
pei miei dilatometri:

$$\frac{V}{v} = 13460,4 \qquad \frac{V}{v} = 12387,2$$

e per quelli del Lüdeking

$$\frac{V}{v} = 5860,2 \qquad \frac{V}{v} = 5742,3.$$

Notisi però che, trattandosi nel caso mio non di bismuto solo ma di una amalgama, il volume di questo metallo realmente contenuto nei due dilatometri adoperati era:

$$\left. \begin{array}{l} \text{per il primo } V' = 11^{\text{cc}},233 \\ \text{per il secondo } V' = 10,978 \end{array} \right\} \text{ a } 271^{\circ} \text{ circa}$$

e quindi realmente, per quanto riguarda il solo bismuto:

$$\frac{V'}{v} = 7746, \qquad \frac{V'}{v} = 7128,5.$$

In ogni modo la sensibilità di cui potevo disporre nelle mie esperienze era maggiore di quella permessa dai dilatometri del Lüdeking.

Trattandosi di amalgama che nel solidificarsi aumenta di volume, e spezza quindi il bulbo del dilatometro nel quale è contenuta, i dilatometri venivano riempiti il giorno stesso destinato alla misura della densità tenendoli prima vuoti in un bagno ad olio fino a circa 250° ¹⁾ e versandovi poi l'amalgama fusa nel crogiuolo alla stessa temperatura. Il buon riempimento del bulbo veniva determinato dalla rarefazione mediante la pompa pneumatica; ridotta poi l'amalgama a livello opportuno nel cannello capillare, e ripulito il tutto per bene, il dilatometro veniva rapidamente trasportato dal bagno ad olio nell'apparecchio riscaldante a paraffina ²⁾. Indi si eseguivano le misure della densità a diverse temperature poco discoste fra loro usando tutte le cautele già accennate nel mio lavoro sopracitato (1890, R. Acc. Torino XXV, § 5).

Le temperature vennero corrette per la parte del termometro sporgente nei vapori di paraffina, per quella sporgente nel-

1) Cattaneo, *R. Acc. Fisiocritici*, Siena, serie IV, vol. II, 1890.

2) Vicentini ed Omodei, *Acc. Lincei*, vol. III, 2° semestre 1887, pag. 294.

l'ambiente, per riguardo allo spostamento dello zero e riferite al termometro ad aria.

Ecco i risultati ottenuti coi due dilatometri:

1° Dilatometro		2° Dilatometro	
<i>t</i>	<i>D_t</i>	<i>t</i>	<i>D_t</i>
256. ⁰ 2	11,4431	236. ⁰ 3	11,4732
262,7	11,4315	242,3	11,4637
267,0	11,4255	247,7	11,4553
269,4	11,4225	253,3	11,4449
273,1	11,4165	258,9	11,4362
278,5	11,4076	263,7	11,4286
Peso dell' amalgame		269,8	11,4190
gr. 223,4797.		277,8	11,4066
		Peso dell' amalgame	
		gr. 219,0786.	

In base a questi dati sperimentali ho costruito separatamente le due curve delle densità rappresentando col mezzo centimetro il grado e col millimetro la cifra dei decimillesimi delle densità; dette curve sono molto regolari e quasi si confonderebbero con una retta se fossero tracciate in scala più piccola; ho costruito anche le curve delle densità attribuendo il valore 1 alla densità dell' amalgame a 271°, come risulta dalla tavola seguente:

1° Dilatometro		2° Dilatometro	
<i>t</i>	<i>D_t</i>	<i>t</i>	<i>D_t</i>
262,7	1,0010	236. ⁰ 3	1,0049
267,0	1,0005	242,3	1,0041
269,0	1,0003	247,7	1,0033
273,1	0,9997	253,3	1,0024
278,5	0,9989	258,9	1,0017
		263,7	1,0009
		269,8	1,0001
		277,8	1,9991

Le due curve così costruite si confondono quasi l'una col- l' altra, esse non accennano punto ad alcun massimo di densità nell' intervallo di temperatura (236°-279°) per cui l' amalgame fu

studiata. Durante la serie delle determinazioni mi sono sempre potuto accertare, anche quando aumentavo gradatamente la temperatura del bagno per passare da una temperatura della serie all'altra superiore, che soste o diminuzioni di volume non si verificavano; d'altronde essendo gli intervalli di temperatura della serie non troppo grandi egli è certo che, se per caso esistesse un massimo di densità in detta amalgama a temperature intermedie fra quelle citate nelle tavole precedenti, le dette curve l'avrebbero mostrato con una inflessione tendendo ad indicare almeno un punto di sosta che accennasse alla probabile diminuzione di volume, cosa che affatto da esse non si può ricavare.

Per il che mi sento autorizzato a concludere che anche la presente ricerca conferma pienamente i risultati ottenuti dal prof. Vicentini relativamente al bismuto fuso studiato e col metodo dilatometrico e col metodo idrostatico e che quindi il *bismuto fuso non possiede alcun massimo di densità*.

Mi sono servito poi delle formule ¹⁾

$$(1) \quad \delta = \frac{D - D'}{(t' - \phi) D' - (t - \phi) D}$$

$$(2) \quad \gamma = \frac{D - D'}{D'(t' - t)}$$

$$(3) \quad d_t = \frac{D_t P'}{100 - \frac{D_t}{d_m} P}$$

$$(4) \quad D'_t = \frac{100 d_m}{P + P' \frac{d_m}{d_t}}$$

$$(5) \quad \gamma' = \frac{100 d_m \epsilon + D'_t (mP - \epsilon P)}{100 d_m}$$

per calcolare:

δ , coefficiente medio di dilatazione della amalgama fra le temperature di fusione ϕ (162°.7) di essa e t' .

γ , coefficiente medio di dilatazione della stessa allo stato di perfetta liquidità fra t e t' .

1) Vedi il mio lavoro già citato, *Acc. Torino*, 1890, XXV, §§ 5 e 7.

δ_t densità del bismuto, allegato al mercurio, alla temperatura sua di fusione f (271°).

D'_t , densità della amalgama ad f (analogo a D_t).

γ' , analogo a γ .

Inoltre:

D, D' sono rispettivamente le densità delle amalgame trovate a t e t' .

P, P' le percentuali di bismuto e mercurio.

$\bar{d}_m$ densità del mercurio a f (12,944).

m coefficiente medio di dilatazione del mercurio.

ϵ coefficiente medio di dilatazione del bismuto allo stato liquido (0,00012).

Le formule (1) e (2) danno per δ e γ i valori ricavati direttamente dalle mie esperienze, la (3) dà per δ_t il valore che indirettamente si ricava supponendo che i metalli componenti l'amalgama conservino in essa il loro volume, la (4) nella stessa ipotesi offre modo di calcolare teoricamente la densità dell'amalgama e la (5) ne dà, pure teoricamente, il coefficiente medio di dilatazione nel supposto che i metalli componenti conservino nella amalgama la dilatazione che isolatamente posseggono allo stato liquido.

Ecco i risultati medi ottenuti coi due dilatometri:

$$\begin{array}{ll} \delta = 0,000138 & D_t = 11,419 \\ \gamma = 0,000134 & \\ d_t = 10,213 & D_\phi = 11,584. \end{array}$$

Risultarono poi:

$$\begin{array}{l} D'_t = 11,286 \\ \gamma' = 0,000148 \end{array}$$

La differenza fra γ' calcolato e γ trovato coll'esperienza è piccolissima; è sensibile quella fra D'_t e D_t ; tali differenze accennano a contrazione di volume nella formazione dell'amalgama.

È quindi giustificabile se il valore della densità del bismuto liquido alla sua temperatura di fusione ricavato indirettamente dalle mie esperienze (10,213) sia sensibilmente differente da quello trovato direttamente da Vicentini ed Omodei (10,004), da

quello trovato ultimamente da Vicentini col metodo idrostatico (10,064) e dal medio che lo stesso sperimentatore ha ricavato indirettamente dallo studio delle leghe binarie stagno-bismuto, piombo-bismuto (10,063).

Ho infine calcolato colla formula (3) la densità del bismuto fuso alle temperature fra 235° e 280° di cinque in cinque gradi per costruirne la curva corrispondente; perciò ho costruito prima la curva dei valori medi delle densità della amalgama alle temperature alle quali avevo fatte le determinazioni sperimentali e da essa desunsi i valori delle densità di detta amalgama a 235°, 240° ecc., sino a 280°; le tavole del Landolt mi diedero i valori delle densità del mercurio a queste diverse temperature. La formula (3) mi portò quindi ai risultati seguenti:

t	Densità del bismuto liquido
235°	10,248
240	10,243
245	10,239
250	10,233
255	10,229
260	10,224
265	10,219
270	10,214
275	10,209
280	10,205

La curva costruita in base a questi valori è assai regolare e si confonde assai bene con una linea retta.

DESCRIZIONE D'UN ELETTROMETRO A QUADRANTI MOLTO SENSIBILE, NOTA DI G. GUGLIELMO ¹⁾

(*R. Acc. dei Lincei* vol. VI, 2° Sem. 1890).

Nel 1887 proposi ²⁾ che negli elettrometri a quadranti della forma più semplice, ossia in quelli di Branly, von Lang ecc., i

1) Lavoro eseguito nel Gabinetto fisico dell'Università di Sassari, Giugno 1890.

2) Rivista scientifico-industriale XIX, 1887.