principiato dallo studiare gli stessi magneti C, D, F, G, H, K che avevo già studiato dapprima disposti verticalmente col polo nord o col polo sud rivolto in basso. Era da aspettarsi che, al pari delle due ultime, anche le prime quattro avrebbero, disposte orizzontalmente, conservata la linea neutra alla metà della sbarra, come ve la conservavano sempre, anche in posizione verticale, a temperature inferiori a 180° .

Invece con mia meraviglia osservai che la linea neutra alle alte temperature si spostava ancora *verso il polo nord* sempre come quando le sbarre erano disposte verticalmente.

È davvero un fenomeno curioso che avrebbe bisogno di diligente esame e di sicura conferma. Se non che io fui costretto a sospendere coteste ricerche, dapprima per ragioni di salute, di poi per cambiamento di residenza. Ma ho in animo di riprenderle, come prima abbia potuto procacciarmi i mezzi opportuni nel mio nuovo Laboratorio.

Modena, Marzo 1886.

INFLUENZA DELLA PRESSIONE SULLA TEMPERATURA DI FUSIONE DI ALCUNE SOSTANZE; STUDIO SPERIMENTALE DI A. BATTELLI.

È noto che sin dal 1849 James Thomson ¹⁾ per via puramente teorica, giungeva alla conclusione, che assoggettando l'acqua ad una pressione superiore all'atmosferica, il suo punto di congelamento doveva abbassarsi; e calcolò che tale abbassamento aumentando di un'atmosfera la pressione, doveva essere uguale a circa 0,0075 gradi centesimali.

In seguito W. Thomson ²⁾ e Dewar ³⁾ verificarono coll'esperienza tale conclusione; ottenendo il primo un abbassamento di $0^{\circ},0075$ e il secondo di $0^{\circ},0072$ per l'aumento d'un atmosfera.

1) *Transaction of the Royal Society of Edimburg*; jan. 2, 1840.

2) *Phil Mag.* (3) XXXVII.

3) *Proc. R. S.*, XXX, 533, 1880.

Anche Mousson ¹⁾ verificò il fatto abbassando la temperatura di fusione dell'acqua sino a circa 20° senza però procedere a misurare.

I soli Bunsen ²⁾ e Kopkins ³⁾ hanno fatto studi sopra altre sostanze, ma non hanno potuto verificare la conclusione di James Thomson. Essa vien espressa per tutti i corpi dalla formola

$$(1) \quad \frac{L}{T} = \frac{1}{E} (v' - v) \frac{dp}{dt}$$

dove L è il calore di fusione della sostanza, T la temperatura assoluta della fusione, E l'equivalente meccanico del calore, v' e v i volumi specifici allo stato solido e liquido; dp la variazione della pressione e dt la variazione della temperatura. Ora nè Bunsen, nè Kopkins conoscevano per le sostanze da essi studiate i valori di L e di v' e v . Quindi mi parve di un certo interesse il verificare l'esattezza di questa formola importante anche per altre sostanze, com'era stato fatto per l'acqua.

L'elemento più difficile ad ottenersi pel calcolo di questa formola è la variazione $v' - v$ di volume, che subisce la sostanza nel passaggio dello stato liquido allo stato solido. Questa variazione fu studiata da me, insieme col Dott. Palazzo ⁴⁾ per i seguenti corpi: paraffina, spermaceti, naftalina, nitronaftalina, paratoluidina, difenilamina, naftilamina. Non mi rimaneva quindi da trovare per queste medesime sostanze, che il calore L di fusione.

A tale scopo attesa l'incertezza che lascia questo genere di determinazioni su tali sostanze, ho usato due metodi differenti onde ottenere dalla media un risultato più conveniente. Il primo metodo (del riscaldamento) consisteva nel far riscaldare queste sostanze in un ambiente a temperatura fissa, onde evitare la sopra fusione a cui vanno soggette, e dedurre poi dalla velocità di riscaldamento il calore specifico e di fusione.

Il secondo metodo è quello delle mescolanze; e l'apparecchio adoperato è quello stesso di cui mi sono servito insieme col si-

1) *Poggendorff's Ann.*, B. CX, s. 161, 1858.

2) *Poggendorff's Ann.*, B. LXXXI, s. 564, 1850.

3) *Rep. of Brit. Assoc.* 2, p. 57, 1854.

4) *Acc. dei Lincei, Memorie*, Serie 4, vol. I, 1885.

gnor Martinetti, per determinare il calore specifico e di fusione dell'acetato di sodio cristallizzato ¹⁾).

Preparati così gli elementi pel calcolo della formola, sono passato ad osservare direttamente la variazione prodotta dalla pressione nella temperatura di fusione.

L'apparecchio adoprato a questo fine era costituito da un cilindro M di ferro a robustissime pareti, dell'altezza di 6 cent. e del diametro interno di 3 cent.; in esso veniva posta la sostanza da sperimentare. Questo cilindro si poteva chiudere con un coperchio pure di ferro, il quale si faceva aderire perfettamente all'orlo del cilindro per mezzo di un anello di gomma, e vi si teneva strettamente unito per mezzo di sei viti che si internavano nel corpo del cilindro stesso.

Il coperchio portava nel mezzo un ditale di ferro N, che si riempiva con mercurio, e dove si faceva pescare un termometro diviso in decimi ben campionato. Nel coperchio si trovava pure lateralmente un foro, dove si avvitava strettamente un forte tubo di rame C, il quale conduceva alla macchina di compressione.

Così disposto l'apparecchio, si sospendeva il cilindro per mezzo di tre fili metallici a un tappo di sovero, e lo si faceva scendere entro un recipiente cilindrico di rame alla cui bocca si adattava perfettamente il tappo, e in cui l'aria era già da lungo tempo stata riscaldata e mantenuta poi alla stessa temperatura da un largo bagno di acqua circostante, simile a quello adoperato per lo innanzi nella ricerca dei calori specifici.

Allora, per mezzo di un cannocchiale, si leggeva l'andamento del termometro, che si trovava nel ditale; e si determinava il punto di fusione della sostanza, descrivendo su larga scala la curva delle temperature in funzione dei tempi, e prendendo su di essa il punto in cui, dopo essersi per un certo tratto innalzata lentamente, cominciava ad innalzarsi più rapidamente.

Per ogni sostanza venne prima determinata la temperatura di fusione alla pressione ordinaria; e nuovamente si determinò dopo un aumento di pressione di 8, e poi di 12, e per alcune di 15 atmosfere. Le pressioni venivano misurate per mezzo di un manometro antecedentemente campionato.

1) *L'Ingegneria civile*, vol. XI, 1885.

Sotto ciascuna pressione la temperatura di fusione venne determinata due volte, per vedere se si otteneva concordanza.

Per eseguire poi il calcolo della formola (1), non ho preso per $v' - v$ il valore della sola dilatazione alla precisa temperatura di fusione; ma, come è naturale, vi ho aggiunto il valore della dilatazione dovuta al cambiamento di stato anche durante la pastosità della sostanza. E a tal uopo in ciascuna delle curve dei volumi descritti nella citata memoria delle dilatazioni di questi corpi, ho condotta la tangente alla curva stessa nel punto ove prende una piega più spiccata verso l'alto, prolungandola sino all'incontro della verticale abbassata dal punto della curva che corrisponde al principio dello stato liquido. La lunghezza di questo segmento della verticale dà il valore più conveniente di $v' - v$.

Per le calorie di fusione ho presa la media fra i valori ottenuti col primo metodo e col secondo, essendovi d'altronde fra di loro differenze abbastanza piccole.

Paraffina.

Per la paraffina si ha il calore di fusione $L = 35,35$

$$v' - v = 0,125$$

$$T = 325,70 .$$

Sostituendo nella formola (1) scritta nel seguente modo:

$$d\tau = \frac{v' - vT}{E \cdot L} dp ,$$

si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{0,125 \times 325,40}{4,25 \cdot 10^4 \times 35,35} 1033,4 = 0,027978 .$$

Nella seguente tabella sono messi a confronto i risultati del calcolo con quelli dell'esperienza: in essa $p' - p$ rappresenta l'aumento di pressione; $\tau' - \tau$ la variazione della temperatura N di fusione.

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = 52°,40.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
8 atmosfere	52°,640	0°,240	0°,2238
12 »	52°,760	0,360	0,3357

Nella paraffina dunque l'esperienza dà, per effetto della pressione, un aumento nella temperatura di fusione, alquanto superiore a quello che darebbe il calcolo ¹⁾.

Spermaceti.

Per lo Spermaceti $L = 36,87$

$v' - v = 0,098$

$T = 316,90$;

e per l'aumento di un'atmosfera nella pressione, si avrà

$$d\tau = \frac{0,098 \times 316,90}{4,25 \cdot 10^4 \times 36,87} 1033,4 = 0,020482.$$

Quindi si ha la tabella di confronto.

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = 43°,90.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
8 atmosfere	44°,05	0°,150	0°,1638
12 »	44°,12	0,220	0,2458

Nello spermaceti, come si vede, coll'esperienza si ottiene un aumento di temperatura più piccolo di quello che dà il calcolo.

1) Dalle esperienze sopra riportate del Bunsen risulta, per la variazione di un'atmosfera nella pressione un aumento di 0°,0305 nella temperatura di fusione della paraffina: risultato non molto discordante dal mio. Si noti che la paraffina da lui usata era alquanto diversa, fondendo essa a 46°,3 sotto la pressione ordinaria.

Per le esperienze del Bunsen, si ha un aumento di $0^{\circ},0207$ nella temperatura di fusione dello spermaceti, per la variazione di un'atmosfera nella pressione: risultato abbastanza concordante col mio, sebbene lo spermaceti da lui adoperato fosse alquanto diverso.

Naftalina.

$$\begin{aligned}\text{Per la naftalina si ha } L &= 35,46 \\ v' - v &= 0,146 \\ T &= 352,20.\end{aligned}$$

Per l'aumento di un'atmosfera nella pressione

$$d\tau = \frac{0,146 \times 352,2}{4,25 \cdot 10^4 \times 35,46} 1033,4 = 0,3526.$$

Quindi si ha la tabella di confronto:

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = $79^{\circ},20$

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		calcolata	osservata
8 atmosfere	$79^{\circ},480$	$0,280$	$0^{\circ},2821$
12 »	$79,605$	$0,405$	$0,4232$

Per la naftalina fra i risultati del calcolo e dell'esperienza si ha un accordo maggiore che per le due sostanze precedenti.

Nitronaftalina.

$$\begin{aligned}\text{Per la nitronaftalina si ha } L &= 25,44 \\ v' - v &= 0,078 \\ T &= 329,00\end{aligned}$$

e per l'aumento di un'atmosfera nella pressione sarà

$$d\tau = \frac{0,078 \times 329}{4,25 \cdot 10^4 \times 25,44} 1033,4 = 0,01962.$$

E si avrà la tabella di confronto:

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = $56^{\circ},00$

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		calcolata	osservata
8 atmosfere	$56^{\circ},180$	$0^{\circ},180$	$0^{\circ},1962$
12 »	$56^{\circ},300$	$0^{\circ},300$	$0^{\circ},2943$

Qui per l'aumento di pressione di 8 atmosfere si ha dall'esperienza un valore di τ minore di quello dato dal calcolo; per l'aumento di 12 atmosfere invece, l'esperienza dà un valore maggiore; talchè facendo la media, si ha una sufficiente concordanza fra l'esperienza e il calcolo.

Paratoluidina

Per la paratoluidina si ha $L = 39,34$

$$v' - v = 0,066$$

$$T = 311,90;$$

onde si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{0,066 \times 311,9}{4,25 \cdot 10^4 \times 39,34} 1033,4 = 0,01272.$$

Quindi si avrà la tabella di confronto.

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = $38^{\circ},90$.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
8 atmosfere	$39^{\circ},000$	$0^{\circ},100$	$0^{\circ},1018$
12 »	$39^{\circ},040$	$0^{\circ},140$	$0^{\circ},1527$
15 »	$39^{\circ},080$	$0^{\circ},180$	$0^{\circ},1908$

Per la paratoluidina, come pure in seguito per la naftilamina, ho fatto l'esperienza anche con un aumento di pressione di 15 atmosfere, avendosi per queste due sostanze un piccolo spostamento nella temperatura di fusione.

Difenilamina.

$$\begin{aligned}\text{Per la difenilamina si ha } L &= 21,18 \\ v' - v &= 0,062 \\ T &= 324,0.\end{aligned}$$

Onde si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{1,062 \times 324,0}{4,25 \cdot 10^4 \times 21,18} 1033,4 = 0,02306.$$

E si avrà la tabella di confronto:

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = 51°,00.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
8 atmosfere	51,180	0,180	0,1845
12 »	51,260	0,260	0,2767

Naftilamina.

$$\begin{aligned}\text{Per la naftilamina si ha } L &= 19,39 \\ v' - v &= 0,041 \\ T &= 316,40.\end{aligned}$$

Onde si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{0,041 \times 316,4}{4,25 \cdot 10^4 \times 19,39} 1033,4 = 0,01627.$$

E si avrà la tabella di confronto:

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = 43°,40.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
8 atmosfere	43,505	0,105	0,1301
12 »	43,580	0,180	0,1952
15 »	43,620	0,220	0,2440

Ho voluto anche esaminare l'influenza della pressione sulla temperatura di fusione delle leghe facilmente fusibili, ed ho scelte quelle di Lipowitz e di Wood, perchè meglio si adattavano ad essere studiate col mio apparecchio.

Ho adottato per esse la stessa composizione usata dallo Spring nella sua memoria « *Sulla dilatazione e il calore specifico delle leghe fusibili ecc.* ¹⁾ . . . », perchè appunto da' suoi dati io ho ricavato per queste leghe l'aumento di volume nel passaggio dallo stato solido allo stato liquido e il calore di fusione.

Tale composizione è la seguente:

	in peso
Lega di Lipowitz Bi ⁴⁴ Pb ⁶ Sn ⁵ Cd ⁴	Bi. 49,98
	Sn. 12,76
	Pb 26,88
	Cd 10,38
	<hr/> 100,00
Lega di Wood Bi ⁵ Pb Cd ³ Sn ²	Bi. 55,74
	Sn. 13,73
	Pb 13,73
	Cd 16,80
	<hr/> 100,00

Nella Memoria dello Spring vi è una curva per ciascuna lega, che dà il volume della stessa lega alle varie temperature. Colle norme usate per le sostanze precedenti, io ho dedotto da queste curve la variazione di volume nel passaggio dallo stato solido allo stato liquido. Ma siccome lo Spring valutava i volumi prendendo per unità quello della lega a 0°, ho dovuto fare il rapporto fra il reciproco della densità della lega a 4° (densità determinata pure dallo Spring) e il volume a 4° valutato sulla curva; ho moltiplicato quindi per questo rapporto la variazione precedentemente calcolata.

Per trovare il calore di fusione mi sono servito delle tabelle che sono nella Memoria dello Spring, e che danno le variazioni

¹⁾ Acad. R. des sciences, lettres et beaux arts de Belgique; 2. ser., t. XXXIX, p. 548.

di temperatura, che di secondo in secondo subiscono pesi determinati di ciascuna di queste leghe e di mercurio, posti in un dato ambiente a temperatura costante. Ho fatto uso della stessa maniera di calcolare adoperata per le sostanze precedenti.

Debbo notare però, che io non mi sono occupato di osservare lo spostamento che avesse potuto prodursi per effetto della pressione nel punto più basso di fusione di queste leghe, perchè in esso la temperatura saliva troppo rapidamente, nelle condizioni in cui era posto il mio apparecchio. Perciò ho calcolato il solo calore di fusione e la sola dilatazione dovuta al punto più alto.

Lega di Lipowitz.

$$\begin{aligned}\text{Per la lega di Lipowitz si ha } L &= 4,639 \\ v' - v &= 0,002176 \\ T &= 344,50 .\end{aligned}$$

Onde si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{0,002176 \times 344,50}{4,25 \times 10^4 \times 4,636} 1033,4 = 0,003931 .$$

E si avrà la tabella di confronto:

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = 71°,50.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
18 atmosfere	71°,585	0°,085	0°,0707

Lega di Wood.

$$\begin{aligned}\text{Per la lega di Wood si ha } L &= 6,761 \\ v' - v &= 0,002034 \\ T &= 355,30 .\end{aligned}$$

Onde si avrà per l'aumento di un'atmosfera nella pressione:

$$d\tau = \frac{0,002034 \times 355,30}{4,25 \times 10^4 \times 6,761} 1033,4 = 0,002599 .$$

E si avrà la tabella di confronto :

Temperatura di fusione alla pressione ordinaria = $82^{\circ},30$.

$p' - p$	Temperatura di fusione	$\tau' - \tau$	
		osservata	calcolata
18 atmosfere	$82^{\circ},353$	$0^{\circ},053$	$0^{\circ},047$

Come si vede, questi risultati sono molto piccoli e meno concordanti col calcolo di quello che siano i risultati precedenti. Anzi debbo osservare che con aumenti di pressione di 8 e 12 atmosfere ho ottenuti risultati appena percettibili e poco concordanti fra loro. Quelli notati nelle presenti tabelle, sono ciascuno la media di tre determinazioni.

CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti si deduce senz'altro :

1.^o Che rimane verificata la formola di James Thomson con bastante approssimazione per tutte le sostanze da me sottoposte allo studio.

2.^o Che i valori dati dall'esperienza sono meno concordanti con quelli dati dal calcolo per le sostanze che non sono composti chimici ben determinati, ma piuttosto miscugli, come la paraffina, lo spermaceti e le leghe metalliche; e il cui stato pastoso si estende fra limiti più discosti.

Questo però sembrami doversi attribuire non già a un comportamento diverso di queste sostanze, sibbene alla inesattezza dei dati che hanno servito al calcolo della formola; essendo quasi impossibile il determinare per esse sulla curva dei volumi con tutta precisione la dilatazione dovuta alla sola fusione; e così pure il determinare con sicurezza il calore di fusione.

Osserverò in fine, che in nessuno de' miei risultati si riscontra quella meravigliosa concordanza fra l'esperienza e il calcolo, come in quello di W. Thomson; ma è da notare, lasciata anche da parte la valentia di quell'illustre scienziato, che per il ghiaccio è ben fisso il punto di fusione, e ne sono conosciuti con esat-

tezza il calore di fusione e l'aumento di volume nel passaggio dallo stato liquido allo stato solido. Nelle mie sostanze invece era sempre difficile lo stabilire il punto di fusione; e il calore di fusione e l'aumento di volume pel cambiamento di stato non potevano certo andare esenti da qualche inesattezza, per quanta cura si sia posta nel determinarli.

La 1^a parte di questo studio venne eseguita nel Laboratorio di fisica dell'Università di Torino; la 2^a parte in quello dell'Istituto Germano Sommelier. L'apparecchio in cui sottoposi a compressione le sostanze venne costruito nel Laboratorio dell'Università.

Io debbo quindi alla gentilezza dei professori Naccari e Paggiani l'aver eseguito questo studio; e ne rendo loro i miei più vivi ringraziamenti.

Torino, Giugno 1885.

INTORNO AD UNA RECENTE DETERMINAZIONE DELLA DILATAZIONE
DELL'ACQUA DA 4 A 0°; NOTA DI ANDREA NACCARI.

Il sig. F. Bonetti pubblicò l'anno scorso nel fascicolo di Giugno degli *Atti della R. Accademia de' Lincei* uno scritto intitolato: *Ricerche sperimentali sulla dilatazione dell'acqua fra 0° e 10°*. Benchè molte sieno l'esperienze accurate, che vennero fatte su questo argomento, pensò il Bonetti che si potesse raggiungere un maggior grado di precisione ed eseguì delle esperienze, che gli diedero dei valori notevolmente diversi da quelli accettati finora. Secondo il Bonetti la dilatazione dell'acqua da 4 a 0° è

0,0001582 ,

valore che grandemente si scosta da tutti i valori seguenti, che pur sono dovuti a Fisici degni di fede.