

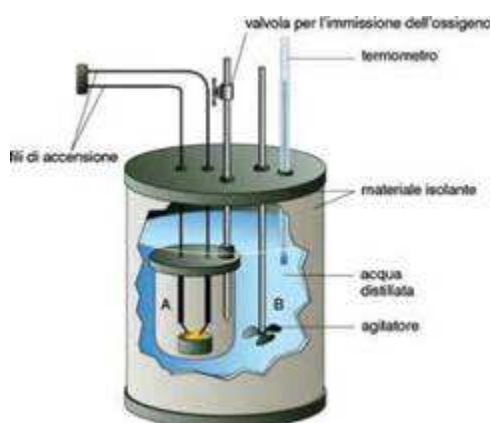
Laboratorio di fisica 1

MISURA DEL CALORE LATENTE DI FUSIONE

SCOPO: Misurare il calore latente di fusione del ghiaccio.

MATERIALE UTILIZZATO:

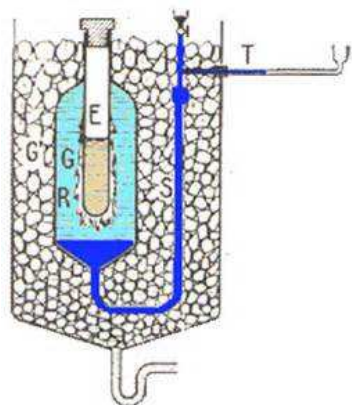
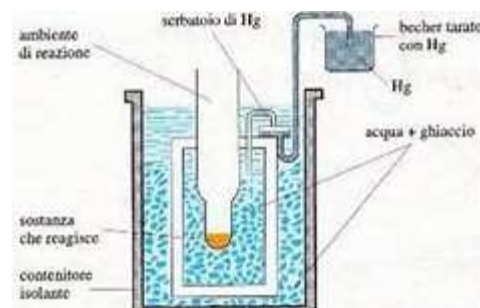
- *Cilindro graduato*, utilizzato in laboratorio per effettuare misurazioni o dosaggi di volumi liquidi. E' costituito da un semplice tubo in plastica di forma cilindrica, tappato ad un'estremità, sul quale è riportata una scala graduata. Lo abbiamo utilizzato per prelevare l'acqua dal rubinetto e versarla nel calorimetro;
- *Termometro ad alcool e termometro a mercurio*, con i quali abbiamo misurato le varie temperature;
- *Becher*, dal quale abbiamo prelevato i cubetti di ghiaccio;
- *Bilancia elettronica di precisione*, con la quale abbiamo misurato la massa del ghiaccio avente una sensibilità di 0,01g;
- *Calorimetro*, che determina il calore svolto durante una reazione chimica. Ne esistono di varie tipologie, una delle quali è la **Bomba di Mahler**, con la quale viene determinato il calore di sostanze solide o liquide. Essa consiste in un piccolo recipiente di acciaio a pareti robuste, ermeticamente chiuso, in cui è posta una piccola capsula di porcellana contenente la sostanza in esame. Nel recipiente viene immesso ossigeno puro e la combustione viene innescata mediante una resistenza elettrica a contatto con la sostanza. Facendo passare corrente elettrica nella spirulina della resistenza elettrica, questa si arroventa e brucia, provocando la rapida combustione del composto. Il calore della reazione viene assorbito da una quantità nota di acqua in cui è immersa la "bomba". Grazie ad una



Il calore della reazione viene assorbito da una quantità nota di acqua in cui è immersa la "bomba". Grazie ad una

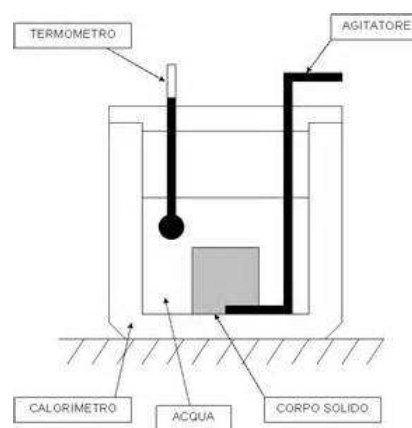
combustione viene innescata mediante una resistenza elettrica a contatto con la sostanza. Facendo passare corrente elettrica nella spirulina della resistenza elettrica, questa si arroventa e brucia, provocando la rapida combustione del composto. Il calore della reazione viene assorbito da una quantità nota di acqua in cui è immersa la "bomba". Grazie ad una

specifica equazione si ricava il valore del calore. Un altro esempio di calorimetro è il **calorimetro a ghiaccio**, basato sul fatto che il volume di una data massa di ghiaccio è maggiore del volume della stessa massa liquida. La diminuzione di volume crea una depressione nel serbatoio di mercurio, il quale viene aspirato nel becher. La diminuzione di peso di quest'ultimo ci permette di risalire al calore di reazione. Questo tipo di calorimetro si presta a misurare le variazioni termiche delle reazioni che avvengono in soluzione. Un ulteriore



esempio è il **calorimetro di Bunsen**. Questo dispositivo è formato da un'ampolla a cui è saldata una provetta. Il calorimetro si basa sulla fusione del ghiaccio, ma la quantità di ghiaccio fuso si ottiene dalla variazione di volume. È costituito da un tubo di vetro, a pareti sottilissime, saldato ad un tubo di vetro di diametro maggiore, il quale termina inferiormente con un tubo pure di

vetro di piccolo diametro piegato due volte ad angolo retto. Nella parte superiore del tubo più piccolo si può innestare, a perfetta tenuta, un tubo sottile graduato. Tolto questo, si riempie l'apparecchio in parte con acqua distillata, privata mediante ebollizione dell'aria in essa disciolta, e in parte con mercurio. Il mercurio deve anche occupare parte della vaschetta superiore. Un ultimo



esempio è costituito dal **calorimetro delle mescolanze**, il quale è costituito da un vaso di Dewar in cui viene versata dell'acqua e poi la sostanza in esame; all'interno del calorimetro sono posti un termometro e un agitatore. Un vaso di Dewar è un contenitore che mantiene il suo contenuto isolato dall'ambiente esterno frapponendo con l'esterno delle

aree di vuoto che consentono un isolamento termico tra il contenuto e l'ambiente.

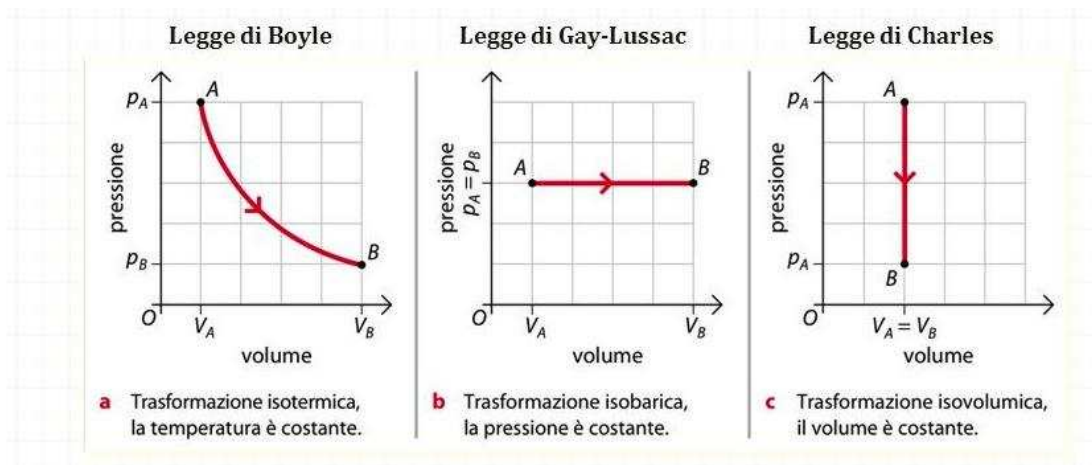
➤ *Ghiaccio.*

PREMESSE TEORICHE:

- La *massa* è la quantità di materia presente in un corpo; si misura in Kg.
- Il *volume* è la quantità di spazio occupata dal corpo, ovvero misura di quanto si estende nello spazio. Si misura in metri cubi.
- La *pressione* è il rapporto tra la forza F che agisce su una superficie e la misura della superficie stessa. Pertanto $P = F / S$ nel sistema internazionale si misura in pascal [Pa] = [N/m].
- Il *lavoro* (W) si definisce come il prodotto scalare tra la forza applicata e lo spostamento subito. Si misura in Joule [J] = [N*m].
- La *termologia* è il settore della fisica che si interessa e studia i fenomeni termici, ovvero quei fenomeni in cui hanno una grande importanza la temperatura e il calore.
- La *temperatura* è un indice del grado di agitazione termica degli atomi o delle molecole che costituiscono un corpo; essa è quindi collegata al concetto di energia cinetica.
- Il *termometro* è uno strumento utilizzato per misurare la temperatura dei corpi, ovvero l'energia cinetica delle molecole, che corrisponde alla velocità media delle molecole di un corpo. Esistono diversi tipi di termometro e di scale termometriche.
- La *scala Celsius*, o scala centigrada, in cui i due punti fondamentali corrispondono alla temperatura di fusione ed ebollizione dell'acqua. Tra questi due punti (0°C e 100°C) ci sono 100 intervalli, ognuno dei quali corrisponde ad un grado.
- Anche la *scala Kelvin*, messa a punto dall'inglese William Thompson o Lord Kelvin e detta scala assoluta, ha la stessa unità di misura della scala Celsius, che però è rappresentata dal Kelvin. Dunque $1K=1^{\circ}C$. La differenza tra le due scale è che nella seconda lo zero rappresenta la

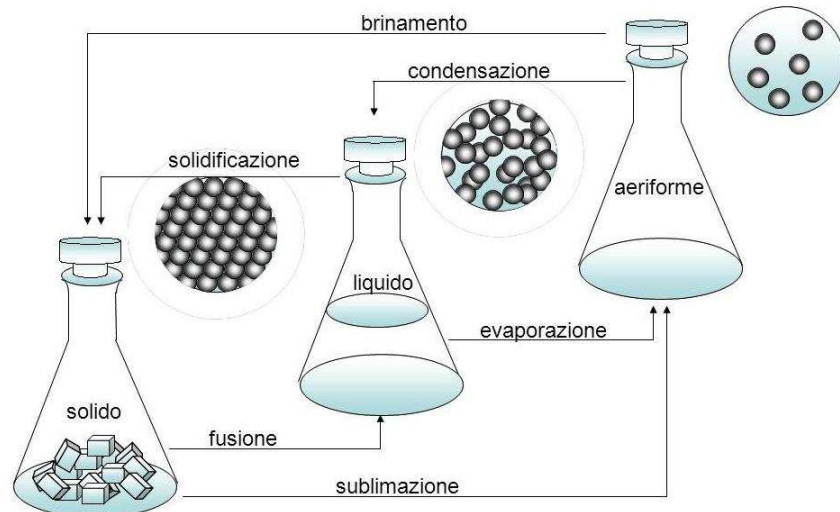
temperatura otto la quale è impossibile scendere: tale valore è detto zero assoluto e corrisponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$.

- Vi sono altre due scale termometriche: la *scala Reaumur*, nella quale è stata fissata a 0°R la temperatura a cui ghiaccia l'acqua e a 80°R quella in cui questa bolle e la *scala Fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$), nella quale l'acqua congela a 32° e bolle a 212° .
- Il *calore latente* è la quantità di calore necessaria affinché 1 Kg di sostanza passi da uno stato di aggregazione (di cui parleremo più tardi) ad un altro. Esso è specifico per ogni sostanza e per ciascun passaggio di stato.
- La *termodinamica* è quella branca della fisica che studia e descrive le trasformazioni fisiche dovute a processi che coinvolgono la variazione di massa, energia, che si può scambiare sotto forma di calore (Q) o lavoro (W). Letteralmente infatti significa "dinamica del calore".
- Per *sistema termodinamico* s'intende una porzione di materia idealmente isolata da tutto il resto dell'universo, considerato come ambiente esterno e limitato dunque da una frontiera. Esso può comportarsi in vari modi: è aperto se scambia materia ed energia con l'esterno, chiuso se scambia solo energia e isolato se invece non scambia nulla.
- Lo *stato termodinamico* indica ogni situazione caratterizzata da un preciso valore di parametri, ossia pressione, temperatura e volume. Osservando questi parametri nel piano di Clapeyron, con il volume in ascisse e la pressione in ordinate, possiamo osservare le tre diverse trasformazioni che possono verificarsi: isobara, isocora e isoterma.



- Per capire meglio l'esperienza è necessario parlare degli stati di aggregazione della materia e dei passaggi di stato. Quando un elemento è in *stato solido*, le molecole che lo compongono sono molto vicine tra loro e sono distribuite in modo regolare nello spazio. I solidi hanno una struttura regolare e volume e forma propri. In un elemento nello *stato liquido*, invece, le molecole sono leggermente distanziate tra loro e possono perciò scivolare le une sulle altre, ma senza mai separarsi del tutto. I liquidi hanno volume proprio, ma non una propria forma. Un elemento in *stato aeriforme*, invece, è formato da molecole distanti l'una dall'altra, e non possiede né forma né volume propri.
- Il *passaggio di stato* è la trasformazione di un sistema termodinamico da uno stato di aggregazione ad un altro. Infatti lo stato di aggregazione di un corpo non è una sua caratteristica immutabile ma può cambiare a seconda delle condizioni in cui esso si trova. Nella maggior parte dei casi, i passaggi di stato avvengono per un aumento o diminuzione della temperatura, ma anche per una variazione di pressione. Somministrando energia sotto forma di calore questa si trasforma in energia di movimento (energia cinetica) delle particelle che lo costituiscono. I passaggi di stato sono trasformazioni fisiche poiché la materia non cambia la sua composizione ma solo il modo in cui ci appare. Essi sono trasformazioni isoterme e reversibili.
- I passaggi di stato sono i seguenti:
 - fusione*: avviene quando un corpo, riscaldato, passa dallo stato solido a quello liquido;
 - vaporizzazione*: si ha quando riscaldando un corpo esso passa dallo stato liquido a quello aeriforme; questa può avvenire tramite l'evaporazione, che coinvolge solo la superficie del liquido e avviene a qualunque temperatura in cui la sostanza è allo stato liquido o tramite l'ebollizione, che interessa tutta la massa del liquido e avviene a specifici gradi di temperatura e pressione;
 - condensazione*: è il passaggio di stato che si ha quando, raffreddandolo, un gas si trasforma in liquido;
 - solidificazione*: avviene quando raffreddando un corpo liquido questo si trasforma in solido;
 - sublimazione*: è il passaggio di stato che si ha quando un corpo solido passa allo stato aeriforme, saltando il passaggio intermedio che è la fusione;

-*brinamento*: è il passaggio di stato che si ha quando un corpo aeriforme arriva allo stato solido senza transitare per lo stato intermedio, la condensazione.



- La *sosta termica* è il fenomeno per cui la temperatura resta costante durante la transizione di fase. Infatti, quando si scalda un solido, ovvero gli si fornisce energia, la sua temperatura, e quindi la velocità delle sue molecole, aumenta, ma solo fino a un determinato valore. A questo punto, pur continuando a fornire calore, la temperatura non aumenta più. Il calore infatti viene utilizzato per spezzare i legami intermolecolari.
- Il *calore* è la grandezza fisica che misura la quantità di energia che può essere aggiunta o sottratta ad un sistema termodinamico, la quale può provocare la variazione dello stato termico, oppure un cambiamento di stato. Si misura in Joule o Calorie ed è una grandezza con segno, ossia si assume positiva se l'energia viene comunicata al sistema e negativa se quest'ultima viene sottratta al sistema stesso. La quantità di calore di un corpo è direttamente proporzionale alla sua massa e alla variazione della temperatura. Questo è riassunto nella seguente legge, di fondamentale importanza nella termologia:

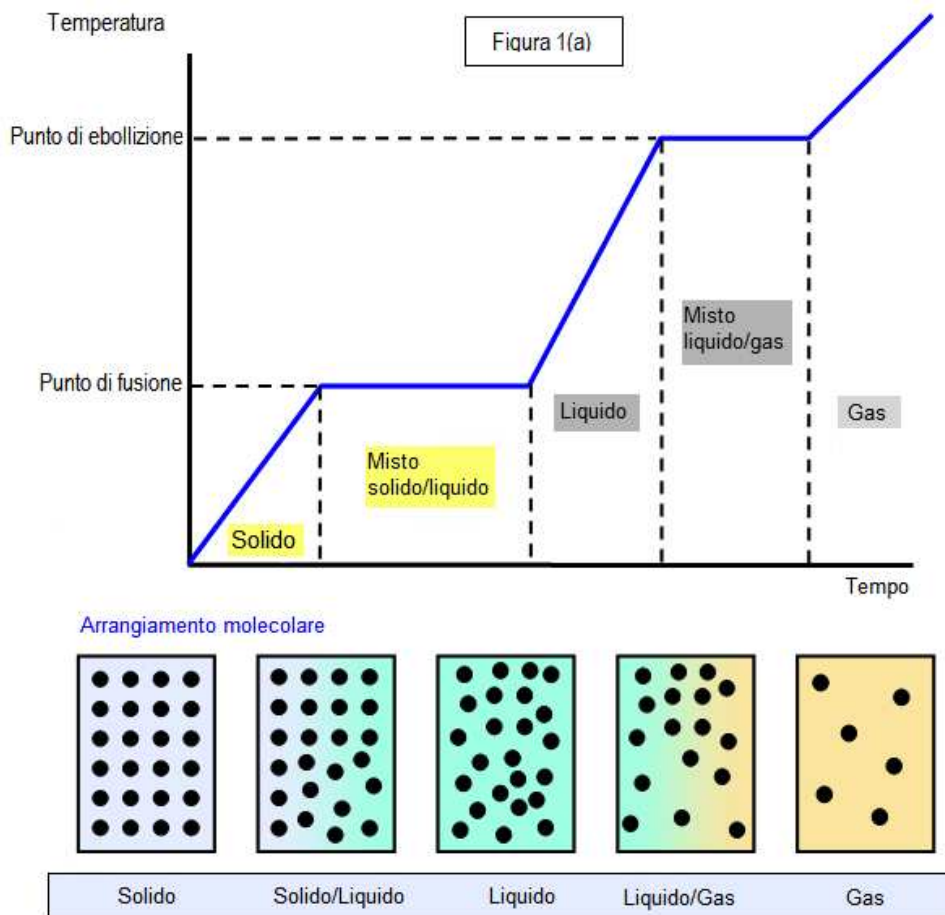
$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

dove c è il calore specifico, quindi la costante, m la massa espressa in kg e ΔT la variazione di temperatura.

- Il *calore specifico* di una sostanza è l'energia necessaria per aumentare di 1°C la temperatura di 1 Kg di tale sostanza; si misura in $\text{J}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$.
- Il *calore latente* è la quantità di calore necessaria affinché 1 Kg di sostanza passi da uno stato di aggregazione (di cui parleremo più tardi)

ad un altro. Esso è specifico per ogni sostanza e per ciascun passaggio di stato.

- Nel grafico seguente, si può notare come la temperatura aumenti solo fino ad un certo punto, ossia il punto di solido saturo (il titolo di solido è 100%, quello di liquido 0%); dopodiché si va in contro ad un sistema bifase, in cui cioè il corpo è sia allo stato solido che liquido, in diverse percentuali. Questo fino quando non si arriva al punto di liquido saturo, quando il processo di fusione è terminato. La temperatura comincia di nuovo ad aumentare fino a quando non ha inizio il processo di vaporizzazione, in cui si ripete il passaggio analizzato prima, ma questa volta con l'elemento allo stato liquido ed aeriforme.



- L'*equilibrio termico* è un fenomeno per il quale due corpi che si trovano in stati termici diversi, se vengono messi a contatto, uniformano la propria temperatura grazie ad uno scambio di calore. La temperatura raggiunta dopo questo fenomeno è chiamata temperatura di equilibrio.
- Il calore necessario per far avvenire il passaggio di stato si calcola con la formula

$$Q = \lambda m \Delta T$$

in cui λ è il coefficiente di calore latente specifico per ogni sostanza.

- Considerando questa formula, possiamo trovare il calore latente di fusione del ghiaccio, che è lo scopo dell'esperimento. Infatti, l'acqua essendo più calda fornisce calore al ghiaccio finché essi non raggiungono la temperatura di equilibrio, ma essa agisce anche in modo da favorire il processo di fusione nella sosta termica. Da queste considerazioni si può ricavare l'equazione che descrive il fenomeno osservato:

$$Q_{\text{acqua}} = Q_{\text{latente fusione ghiaccio}} + Q_{\text{assoluto}}$$

Sostituendo le varie formule, avremo dunque questa equazione:

$$m_{\text{acqua}} C_{\text{acqua}} (t_1 - t_{\text{equilibrio}}) = m_{\text{ghiaccio}} \lambda_{\text{fusione}} + m_{\text{ghiaccio}} C_{\text{ghiaccio}} (t_{\text{equilibrio}} - t_2)$$

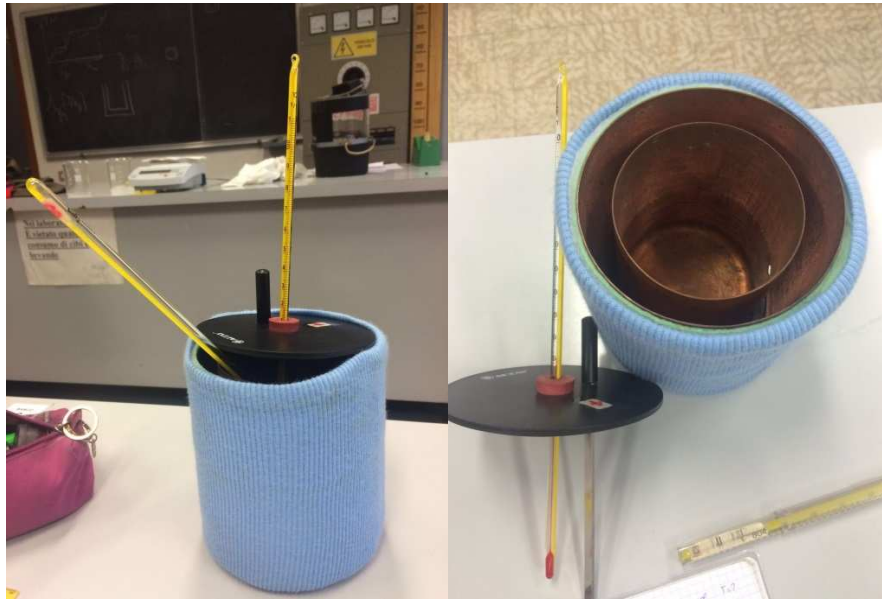
dove può essere considerata la temperatura in gradi centigradi poiché abbiamo una differenza, e dunque l'intervallo considerato è comunque lo stesso.

- L'esperienza risulta inoltre difficile da realizzare a causa dei numerosi errori che si riscontrano, come quelli di *sensibilità* degli strumenti e anche quelli dovuti al calorimetro utilizzato, non adeguatamente isolato dall'ambiente esterno.
- Per verificare se l'esperienza ha avuto un esito positivo, e dunque per accertarci che il valore ottenuto del calore latente di fusione del ghiaccio è quello reale, useremo la formula dello scarto percentuale, ossia

$$\frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{X_{\text{min}}}$$

dove X_{max} e X_{min} rappresentano il valore reale del calore latente di fusione (333500 J/Kg) e l'altro il valore medio ottenuto sperimentalmente.

MONTAGGIO DELL'ESPERIENZA:



Prelevo con il cilindro graduato 400 ml di acqua dal rubinetto e la verso nel calorimetro (non nell'intercapedine!). Chiudo il calorimetro avvolgendolo con una sciarpa di lana e lascio termalizzare qualche minuto, ossia devo aspettare che raggiunga l'equilibrio termico con la temperatura esterna. Dopodichè posso misurare la temperatura dell'acqua nel calorimetro con un termometro a mercurio. Prendo un foglio di carta e lo poggio sulla bilancia di precisione tarandola. Su di esso appoggio due cubetti di ghiaccio, prelevati dal becher, e li peso. Successivamente vado ad immergerli nell'acqua del calorimetro e aspetto che raggiungano la temperatura di equilibrio. Ripeto le operazioni per due volte.

DATI ED ELABORAZIONE:

PRIMA PROVA

$$V_{\text{acqua}} = 400 \text{ ml}$$

$$m_{\text{acqua}} = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{ghiaccio}} = 16,62 \text{ g} = 0,01662 \text{ Kg}$$

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{equilibrio}} = 16^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ghiaccio}} = 0^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{acqua}} = 4186 \text{ J/Kg}$$

Applichiamo la formula precedentemente illustrata, chiamando con x il λ_{fusione} , che è l'incognita:

$$0,4 \cdot 4186 (20 - 16) = 0,01662x + 0,01662 \cdot 4186 \cdot (16 - 0)$$

$$6697,6 = 0,01662x + 1113,14$$

$$6697,6 - 1113,14 = 0,01662x$$

$$x = 336008 \text{ J}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})$$

SECONDA PROVA

$$V_{\text{acqua}} = 400 \text{ ml}$$

$$m_{\text{acqua}} = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{ghiaccio}} = 21,60 \text{ g} = 0,0216 \text{ Kg}$$

$$T_i = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{equilibrio}} = 14,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ghiaccio}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{acqua}} = 4186 \text{ J}/\text{Kg}$$

$$0,4 \cdot 4186 (20 - 14,5) = 0,0216x + 0,0216 \cdot 4186 \cdot (14,5 - 0)$$

$$9209,2 = 0,0216x + 13112,06$$

$$9209,2 - 13112,06 = 0,0216x$$

$$x = 365654 \text{ J}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})$$

$$\lambda_{\text{medio}} = \frac{336008 + 365654}{2} = 350831 \text{ J}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Scarto } \% = \frac{350831 - 333500}{350831} \times 100 = 5\%$$

CONCLUSIONI:

Abbiamo misurato con successo il calore latente di fusione del ghiaccio: infatti nonostante i vari errori che sono stati riscontrati durante l'esperimento, il valore ottenuto è più che accettabile, visto che lo scarto percentuale è molto inferiore al 25%.

Possiamo quindi affermare che l'esperienza è riuscita.

FONTI:

www.chimicaonline.it

www.fmboschetto.it

www.sapere.it

www.treccani.it