

L'EQUIVALENTE JOULE-CALORIA

Introduzione

Queste esperienze sono state pensate non solo per essere eseguite di fronte ai ragazzi in laboratorio ma anche per essere svolte dai ragazzi a casa con materiale facilmente reperibile.

L'esperienza è sempre la stessa effettuata con tecniche via via più raffinate in modo da ottenere un risultato alla fine accettabile.

I esperienza: Misura dell'equivalente Joule-Caloria con un frullatore elettrico

Materiale: un frullatore elettrico, un termometro con la sensibilità di 1/10 di grado (se non lo si possiede si può usare quello per la febbre), un cronometro.

Leggiamo sulla targhetta del frullatore la potenza (solitamente circa 100 W), non conviene misurarla più precisamente in quanto il risultato che otterremo non ha niente a che vedere con quello atteso. Frulliamo una piccola quantità di acqua (per esempio 100 cm³) dopo averne misurato la temperatura iniziale (se usiamo quello clinico l'acqua va scaldata in qualche altro modo fino alla temperatura di 35 °C). Frulliamo per un tempo prestabilito, per esempio un minuto e misuriamo di nuovo la temperatura dell'acqua. Se il motore fosse ideale dovremmo ottenere un riscaldamento di circa 14 gradi infatti:

$$m \cdot C \cdot \Delta T = P \cdot t$$
$$\Delta T = \frac{P \cdot t}{m \cdot C} = \frac{100W \cdot 60s}{0,100kg \cdot 4186 \frac{J}{kg \cdot C}} \cong 14 C$$

dove $P = 100W$
 $t = 60s$
 $m = 0,100kg$
 $C = 4186 \frac{J}{kg \cdot C}$

In realtà avremo un riscaldamento di appena un paio di gradi. Quello che stiamo misurando non è l'equivalente Joule/Caloria ma semplicemente l'efficienza del frullatore. Supponiamo che il riscaldamento sia proprio di 2 gradi l'efficienza del frullatore è:

$$\frac{2}{14} = 14\%$$

Cioè il frullatore converte in energia meccanica appena il 14% dell'energia assorbita dalla rete. Il resto se ne va dissipata negli attriti interni del motore e degli ingranaggi che portano il movimento alle pale. Questa energia in ogni caso invece che riscaldare l'acqua del frullatore riscalda l'aria della stanza. Un risultato migliore si otterrebbe se il motore del frullatore fosse immerso nell'acqua come per esempio le pompe che mettono in movimento l'acqua negli acquari.

II esperienza: Misura dell'equivalente Joule-Caloria con una pompa da acquario

Materiale: pompa da acquario, termometro, cronometro, contenitore adatto.

Il problema della pompa degli acquari è che ha una potenza molto piccola (circa 5 W). Per poter osservare un qualche riscaldamento bisogna utilizzare poca acqua e farla funzionare per molto tempo. La quantità di acqua comunque non può essere troppo piccola perché deve essere sufficiente a coprire interamente la pompa. Il vantaggio, come abbiamo detto, consiste nel fatto che l'energia dissipata dagli attriti interni, dopo aver riscaldato l'involucro della pompa, finisce col riscaldare l'acqua e non l'aria.

Otterremo un risultato migliore del precedente ma sempre alquanto inferiore a quello atteso perché non possiamo stimare la capacità termica della pompa. In questa esperienza, al contrario dell'altra, è interessante valutare più precisamente la potenza assorbita dalla pompa. Il metodo migliore consiste nel misurare la corrente con un amperometro (facendo attenzione a non prendere la scossa) e moltiplicarla per la tensione di rete.

III esperienza: Misura dell'equivalente Joule-Caloria con il forno a microonde

Materiale: forno a microonde, termometro, cronometro.

In questo caso l'unico problema consiste nel conoscere la potenza del forno che di solito è indicata e vale circa 800-900 W (da non confondere con la potenza assorbita che si aggira intorno ai 1500 W). Supponiamo che il nostro forno abbia una potenza massima di 850 W. Introduciamo un bicchiere con 100 cm³ di acqua ad una certa temperatura. Teniamolo dentro 30 s e poi misuriamo di nuovo la temperatura. Dovremmo ottenere un riscaldamento $\Delta T = (850 \times 30) / (0,1 \times 4186) = 61$ gradi.

Il riscaldamento effettivo sarà ovviamente un po' inferiore a causa della capacità termica del bicchiere ma meno dei casi precedenti. Questa esperienza, dato l'equivalente Joule/Caloria, può essere utilizzata, come per il frullatore, per sapere se il nostro forno è ancora efficiente.

IV esperienza: Misura dell'equivalente Joule-Caloria con una lampadina immersa in acqua

Materiale: una lampadina (12 V; 21 W), alimentatore, un voltmetro e un amperometro, termometro, cronometro, carta stagnola.

In questo caso il problema consiste nell'alimentare la lampadina. Assolutamente non possiamo prendere una lampadina normale e giocare con la tensione di rete vicino all'acqua. Conviene procurarsi una lampadina di un fanale di automobile che funziona a 12 V e ha una potenza di circa 20 W. Questa è l'unica esperienza che non tutti i ragazzi possono eseguire in casa. Per alimentare la lampadina infatti serve un alimentatore a 12 V che eroghi almeno 2 A. Per stimare la potenza con precisione bisogna possedere un tester, misurare tensione e corrente e farne il prodotto.

Dopo aver stimato la potenza della lampadina, la immergiamo accesa dentro un bicchiere con l'acqua agitando per un tempo stabilito. Supponiamo di avere: $P = 20$ W, $t = 60$ s, $m = 50$ g, $\Delta T = 4,2$ C.

Con questi dati si ottiene un equivalente Joule-Caloria

$$C = \frac{P \cdot t}{\Delta T \cdot m} = \frac{20 \cdot 60}{4,2 \cdot 0,05} \cong 5700 \frac{J}{kg \cdot C}$$

Il valore è sempre molto diverso da quello atteso. Questa volta ci rendiamo conto che il calore oltre a scaldare il bicchiere se ne è andato sotto forma di luce. Per migliorare la misura quindi ricopriamo con carta stagnola la lampadina e eseguiamo di nuovo la misura. Dovremmo ottenere un riscaldamento maggiore e quindi un calore specifico dell'acqua inferiore. Supponiamo di ottenere con questo accorgimento un riscaldamento di 5,1 C, il calore specifico dell'acqua verrà in questo caso circa 4700 J/kg·C che non è il valore corretto ma può essere accettato considerato che non abbiamo stimato il calore assorbito dal bicchiere. Per concludere possiamo utilizzare i valori ottenuti per stimare l'efficienza della lampadina cioè la percentuale di energia irradiata sotto forma di luce. L'energia è proporzionale all'aumento di temperatura, quindi l'efficienza sarà

$$\eta = \frac{5,1 - 4,2}{5,1} = 18\%$$

da cui si vede che le lampadine ad incandescenza hanno una efficienza molto bassa.

V esperienza: Misura dell'equivalente Joule-Caloria con il calorimetro presente nel laboratorio

Materiale: calorimetro con resistenza, alimentatore, voltmetro e amperometro, termometro, cronometro.

Nel nostro laboratorio sono presenti due calorimetri specifici per la misura dell'equivalente Joule-Caloria. Uno si trova nel laboratorio della sede centrale e l'altro in quello della sede staccata. Consistono in un normale calorimetro nel quale è immersa una resistenza elettrica.

Quello della sede staccata è di alluminio a doppia parete con una resistenza il cui valore si aggira intorno ad 1Ω . È fornito di un agitatore ma manca il termometro che probabilmente è andato perduto.

Quello della sede centrale ha l'aspetto più vetusto e consiste di un vaso Dewar vero e proprio, senza agitatore né termometro, con una resistenza il cui valore è di circa 5Ω ed è indicato sul coperchio insieme alla tensione da applicare (12 V). In entrambi i calorimetri non vi è indicazione riguardo l'equivalente in acqua.

Siccome la misura che vogliamo effettuare dovrebbe essere la più precisa è il caso di determinare con una certa accuratezza questo parametro. Il procedimento si trova in qualsiasi manuale, lo riassumiamo brevemente.

Determinazione dell'equivalente in acqua del calorimetro

Si scalda una certa quantità di acqua m_c e la si versa, mescolandola con una massa m_f contenuta nel calorimetro. L'acqua versata, raffreddandosi dalla temperatura T_c alla temperatura di equilibrio T_e libera la quantità di calore $Q = C \cdot m_c \cdot (T_c - T_e)$. La stessa quantità di calore, assorbita dalla massa complessiva $m_f + m_0$, dove m_0 è l'equivalente in acqua del calorimetro, aumenta la sua temperatura dal valore iniziale T_f (misurata dal termometro del calorimetro) al valore finale T_e . Essa vale: $Q = C \cdot (m_f + m_0) \cdot (T_e - T_f)$. Eguagliando le due espressioni si ottiene:

$$m_0 = \frac{m_c(T_c - T_e)}{T_e - T_f} - m_f$$

La misura non è facile se si vuole ottenere una certa precisione. Conviene fissare T_f alla temperatura ambiente e scaldare l'acqua fino a circa 80°C . La misura andrebbe ripetuta più volte. Il valore per il calorimetro della sede centrale dovrebbe aggirarsi intorno ai 24 g.

Determinazione dell'equivalente Joule-Caloria

La misura è analoga a quella eseguita con la lampadina. L'unico problema con il calorimetro della sede staccata risulta il valore della resistenza che è troppo piccolo per il tipo di alimentatori a nostra disposizione. Con una resistenza di 1Ω si hanno correnti elevate con tensioni piccole. I nostri alimentatori possono erogare al massimo 2 A in continua che si ottengono, con la resistenza del calorimetro, applicando una tensione di appena 2 V. In alternata la situazione va meglio perché l'alimentatore è in grado di fornire 4 A. Se si vuole adoperare questo calorimetro bisogna quindi applicare tensione alternata facendo attenzione a non superare 4 V. Con questi valori si dovrebbe ottenere una potenza di circa 16 W che abbiamo visto essere accettabile.

Con quello della sede centrale non ci sono problemi in quanto applicando una tensione di 12 V come indicato sul coperchio scorrerà una corrente di circa 2 A per una potenza di 25 W.

In definitiva dobbiamo misurare contemporaneamente e con una certa precisione tensione e corrente nella resistenza e utilizzare la formula già nota:

$$C = \frac{V \cdot i \cdot t}{\Delta T \cdot (m + m_0)}$$

in cui la misura più delicata oltre l'equivalente in acqua è il ΔT .