

CAPACITÀ TERMICA del CALORIMETRO e CALORE SPECIFICO di un COMPOSTO SOLIDO

Attività svolta con le classi 2^AB/2^AD nell'anno scolastico 2007-08

Scopo dell'esperienza

L'obiettivo dell'esperimento è duplice e consiste nel determinare:

1. La capacità termica del calorimetro, vale a dire ciò che usualmente è definito equivalente in acqua del calorimetro.
2. Il calore specifico di vari metalli che costituiscono i provini a disposizione.

Apparecchiatura e materiale utilizzato

- Acqua demi;
- Bilancia digitale;
- Fornello da campeggio;
- Calorimetri (*Paravia*);
- Becher da 600 ml;
- 2 Termometri analogici (*3B Scientific - Phywe*);
- Provini di materiale metallico, in Al e Fe (*Phywe*);
- Materiale di sostegno.

Procedura e principio del metodo

Parte prima: determinazione dell'equivalente in acqua A

Prima di determinare il calore specifico di una sostanza, costituente il provino che sarà immerso nel calorimetro, è ovviamente necessario valutare in quale misura il calorimetro partecipa allo scambio termico. Vale a dire è indispensabile misurare quanto calore esso assorbe per ogni variazione unitaria di temperatura. Si procede nel seguente modo:

- a) Cerchiamo di versare nel calorimetro e nel becher la stessa quantità d'acqua fredda (150-200 grammi): conviene "pesare" l'acqua direttamente nei due recipienti, se la portata della bilancia lo consente.
- b) Agitiamo con cautela e misuriamo la temperatura dell'acqua contenuta nel calorimetro.
- c) Scaldiamo (col fornello da camping) l'acqua del becher fino ad una temperatura nota, all'incirca 70-75 °C.
- d) Versiamo con estrema rapidità l'acqua calda, dal becher al calorimetro.
- e) Mettiamo il coperchio e misceliamo l'acqua, per avere un'energia termica pressoché uniforme.
- f) Attendiamo che il livello del liquido termometrico si stabilizzi e, ciò avvenuto, registriamo la temperatura d'equilibrio.

Nel caso non avvengano passaggi di stato durante lo scambio termico, ipotizzando che il calore dissipato verso l'ambiente esterno sia pari a zero e considerando il calore specifico dell'acqua costante ed unitario nell'intervallo di temperature osservato, si ha la seguente relazione di bilancio energetico: il calore ceduto dall'acqua calda $-Q_C$ è pari al calore Q_F assorbito dall'acqua fredda e dal calorimetro.

$$-Q_C = Q_F \Rightarrow -m_C \cdot c_{\text{acqua}} \cdot (t_{\text{eq}} - t_C) = m_F \cdot c_{\text{acqua}} \cdot (t_{\text{eq}} - t_F) + C_{\text{calorimetro}} \cdot (t_{\text{eq}} - t_F)$$

Pertanto:

$$A = C_{\text{calorimetro}} = \frac{m_C \cdot (t_C - t_{\text{eq}})}{(t_{\text{eq}} - t_F)} - m_F \quad (\text{cal} / ^\circ\text{C} \text{ o g d'acqua})$$

Dove:

- t_F è la temperatura iniziale dell'acqua (fredda) nel calorimetro;
- t_C è la temperatura dell'acqua scaldata nel becher;
- t_{eq} è la temperatura d'equilibrio, teoricamente raggiungibile dopo un intervallo infinito;
- $C_{\text{calorimetro}}$ è ovviamente la capacità termica del calorimetro.

Avendo precedentemente misurato il valore delle masse d'acqua m_C e m_F e le rispettive temperature, si misura indirettamente il valore della capacità termica del calorimetro.

Parte seconda: misura del **calore specifico c_S**

Una volta nota (con sufficiente precisione) la capacità termica del calorimetro, l'esperienza è replicata utilizzando il provino metallico a disposizione, dopo averlo naturalmente "pesato". Si adotta una procedura che è meno rigorosa di quelle generalmente indicate, ma sicuramente più rapida; questo consente di ripetere più volte la misurazione e quindi di ottenere una stima più affidabile del valore del calore specifico del metallo di cui è composto il provino.

- Versiamo nel calorimetro acqua fredda in quantità nota (circa 150-200 grammi, a seconda che il provino sia più o meno massiccio).
- Agitiamo con cautela ed eseguiamo la misura della temperatura dell'acqua fredda t_F .
- Versiamo nel becher una quantità di acqua sufficiente ad immergere il provino, quindi lo fissiamo ad un filo e lo sospendiamo nel becher.
- Scaldiamo l'acqua contenuta nel becher fino ad ebollizione, lasciandovi in seguito immerso il provino di metallo almeno 3 minuti; effettuiamo la misura della temperatura raggiunta t_C , che essenzialmente corrisponde alla temperatura del metallo.
- Si toglie rapidamente il provino dal becher e si mette a bagno nel calorimetro; il provino deve essere completamente immerso ma non deve toccare, per ovvie ragioni di scambio termico, il fondo del calorimetro.
- Chiuso il calorimetro si miscela l'acqua con l'agitatore, al fine di uniformare la temperatura del sistema. Attendiamo che il livello del liquido termometrico si stabilizzi e, ciò avvenuto, rileviamo la temperatura d'equilibrio t_{eq} .

Con le stesse ipotesi del caso precedente si ha la seguente relazione di bilancio energetico: il calore ceduto dal provino metallico caldo $-Q_C$ è pari al calore Q_F , assorbito dall'acqua fredda e dal calorimetro.

$$-Q_C = Q_F \Rightarrow -m_S \cdot c_S \cdot (t_{\text{eq}} - t_C) = (m_F \cdot c_{\text{acqua}} + C_{\text{calorimetro}}) \cdot (t_{\text{eq}} - t_F)$$

pertanto:

$$c_S = \frac{(m_F + C_{\text{calorimetro}}) \cdot (t_{\text{eq}} - t_F)}{m_S \cdot (t_C - t_{\text{eq}})} \quad (\text{cal} / \text{g} / ^\circ\text{C})$$

dove:

- t_F è la temperatura iniziale dell'acqua (fredda) nel calorimetro;
- t_C è la temperatura dell'acqua scaldata nel becher, ovvero la temperatura del metallo;
- t_{eq} è la temperatura d'equilibrio, teoricamente raggiungibile dopo un intervallo infinito;
- $C_{calorimetro}$ è ovviamente la capacità termica del calorimetro.

Avendo precedentemente misurato il valore delle masse d'acqua e del provino metallico, m_F e m_S rispettivamente e le corrispondenti temperature, si misura indirettamente il valore del calore specifico del materiale metallico di cui è costituito il provino e lo si confronta con il valore tabulato in letteratura.

Rilevazione ed elaborazione dei dati

Grandezze misurate – Tabella 1

<i>Grandezza misurata</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Strumento utilizzato</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore misurato</i>
massa d'acqua fredda	m_F	bilancia	g	vedi Tab. 3/3'
massa d'acqua calda	m_C	bilancia	g	vedi Tab. 3
massa del provino metallico	m_S	bilancia	g	vedi Tab. 3'
temperatura acqua fredda	t_F	Termometro Phywe	°C	vedi Tab. 3/3'
temperatura acqua calda	t_C	Termometro 3B	°C	vedi Tab. 3/3'
temperatura d'equilibrio	t_{eq}	Termometro Phywe	°C	vedi Tab. 3/3'
Equivalentente in acqua	A	Misura indiretta	cal/°C	Vedi tab. 4
Calore specifico del metallo	c_S	Misura indiretta	cal/g/°C	Vedi tab. 4'

Caratteristiche degli strumenti utilizzati - Tabella 2

<i>Strumento (unità di misura)</i>	<i>Sensibilità</i>	<i>Portata</i>	<i>Precisione</i>	<i>Classe</i>
Bilancia digitale (g)	0,1	1000,0	0,0001	0,01
Termometro 3B Scientific (°C)	1	110,0	0,01	1
Termometro Phywe (°C)	0,1	50,0	0,002	0,2
Termometro Phywe (°C)	0,2	50,0	0,004	0,4

Misure dirette ed indirette: **Capacità termica** del calorimetro - Tabelle 3/4

Prova n.	m_F (g)	m_C (g)	t_F (°C)	t_C (°C)	t_{eq} (°C)	A (cal/°C)
1	142,0	134,1	22,4	70	44,3	15,4
2	141,1	139,9	22,7	70	45,0	15,7
3	140,8	137,0	23,3	70	45,1	15,7
4	201,1	197,8	21,9	75	47,2	16,2
5	200,8	201,0	23,0	76	48,5	16,0
6	203,4	200,0	21,0	75	46,8	15,2
7	200,3	200,7	22,0	75	47,6	14,5
8	200,3	200,6	23,0	75	48,0	16,3
9	200,4	200,0	22,4	73	46,8	14,4
10	200,4	200,7	23,4	72	46,8	15,7
11	200,1	200,1	23,6	72	46,9	15,5
12	200,7	200,3	24,1	71	46,7	14,7
13	141,3	145,6	23,0	73	47,2	13,9
14	157,2	144,2	22,8	70	44,4	13,7
15	155,6	146,0	22,6	67	43,0	16,2

Misure dirette ed indirette: **Calore specifico AI** - Tabelle 3'/4'

Prova n.	m_F (g)	m_S (g)	t_F (°C)	t_C (°C)	t_{eq} (g)	cs (cal/g °C)
1	200,1	53,4	21,9	97	25,6	0,209
2	200,8	53,4	22,1	98	26,0	0,219
3	152,0	53,4	21,8	98	26,6	0,211
4	150,0	53,4	21,9	98	26,9	0,218
5	151,0	53,8	21,4	99	26,2	0,204
6	200,5	52,8	21,4	98	25,2	0,213
7	200,5	52,8	21,6	98	25,3	0,208
8	201,0	52,8	22,1	98	25,8	0,210
9	153,0	52,8	22,3	98	27,2	0,221
10	200,0	52,8	22,0	97	25,6	0,206

Misure dirette ed indirette: **Calore specifico Fe** - Tabelle 3'/4'

Prova n.	m_F (g)	m_S (g)	t_F (°C)	t_C (°C)	t_{eq} (g)	cs (cal/g °C)
1	149,8	153,6	21,3	98	28,3	0,108
2	151,8	153,6	21,2	98	28,2	0,109
3	204,6	154,1	21,2	96	26,4	0,107
4	150,0	154,1	21,0	96	27,7	0,105
5	202,8	154,1	21,1	98	26,3	0,103

Conclusioni

In base ai dati raccolti ed elaborati si ha che:

1. Il risultato della misura indiretta dell'equivalente in acqua é, perciò: $A = 15,3 \pm 0,8$ (g).
2. Per quanto riguarda il calore specifico dei metalli:
 - 2.1. $c_{Al} = 0,212 \pm 0,006$ (cal/g °C). La discrepanza del valore sperimentale vale $\Delta = |0,212 - 0,216| = 0,004$: pertanto la misura è corretta.
 - 2.2. $c_{Fe} = 0,106 \pm 0,002$ (cal/g °C). Anche in questo caso la discrepanza é minore della deviazione standard: $\Delta = |0,106 - 0,107| = 0,001$. La misura è corretta.