

# **CLASSE IV- Opzione 2**

## **Corsi supplementari di scienze naturali**

# **L'ENERGIA TERMICA**

### **L'energia termica**

- E 1.1. Temperatura e calore
- E 1.2. La dilatazione termica dell'etanolo.
- E 1.3. Il calore specifico di un metallo.
- E 1.4. Il calore di fusione del ghiaccio.
- E 1.5. Il calore di condensazione dell'acqua.
- E 1.6. Il calore di combustione della paraffina.
- E 1.7. Il riscaldamento elettrico dell'acqua.

## E 1.1. Temperatura e calore

### 1. Scopo

La temperatura è una grandezza fisica che misura lo stato termico di un sistema. Il calore è una forma di energia prodotta dal movimento disordinato, e che viene trasferita tra due sistemi quando c'è una differenza di temperatura.

### 2. Materiale

- beuta da 100 mL con tappo di gomma
- matraccio da 1000 mL con tappo
- termometro ( $\pm 0,2$  °C)
- cronometro

### 3. Procedimento

*Non togliere il termometro dal recipiente quando si legge la temperatura e non toccare il bulbo del termometro prima delle misure.*

#### Parte A

1. Introdurre 50 mL d'acqua fredda nella beuta.
2. Misurare la temperatura iniziale  $t_0$  dell'acqua e annotarla.
3. Chiudere la beuta con il tappo di gomma e agitare con violenza l'acqua durante un minuto.
4. Misurare la temperatura  $t_1$  dell'acqua e annotarla.
5. Chiudere di nuovo la beuta e agitare l'acqua con violenza per un minuto.
6. Misurare la temperatura  $t_2$  dell'acqua e annotarla.

#### Parte B

1. Introdurre 500 mL d'acqua fredda nel matraccio.
2. Misurare la temperatura iniziale  $t_0$  dell'acqua e annotarla.
3. Chiudere il matraccio e agitare con violenza l'acqua nel cilindro durante un minuto.
4. Misurare la temperatura  $t_1$  dell'acqua e annotarla.
5. Chiudere di nuovo il matraccio e agitarlo con violenza per un minuto.
6. Misurare la temperatura  $t_2$  dell'acqua e annotarla.

### Osservazioni

L'acqua è formata di molecole, che si muovono in continuazione, vibrando e urtandosi le une alle altre. La temperatura dipende dal moto delle molecole. Nella parte A si nota che maggiore è il tempo di agitazione e maggiore è l'aumento della temperatura. ***La temperatura misura l'agitazione molecolare.***

Nella parte B la temperatura dell'acqua è aumentata poco perché è aumentata la massa di acqua ed è rimasta costante l'agitazione. L'acqua nel matraccio e l'acqua nella beuta sono state agitate nello stesso modo ma i movimenti del recipiente grande si sono ripartiti tra un numero maggiore di molecole: ogni molecola si è mossa di meno.

Sia il recipiente grande, sia la beuta hanno ricevuto la stessa quantità di calore perché sono stati agitati allo stesso modo e per una durata uguale; però la loro temperatura è aumentata in modo diverso perché nel recipiente grande c'erano più molecole. **Il calore è l'energia che le molecole ricevono per aumentare il loro movimento.**

**E 1.2. La dilatazione termica dell'etanolo****1. Scopo**

Un fluido (liquido o gas) se riscaldato aumenta di volume. Il termometro a bulbo si basa sulla maggior dilatazione termica di un liquido, per esempio l'etanolo, rispetto a quella del vetro.

**2. Materiale**

- becco Bunsen
- sostegno, morsetto e pinza
- anello con reticella
- bicchiere da 250 mL, forma alta
- provettone munito di un tappo di gomma con due fori
- pipetta graduata da 5 mL (o tubo di vetro di analoghe dimensioni)
- cilindro graduato da 100 mL
- termometro, ( $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ )
  
- etanolo

**3. Procedimento**

1. Riempire di etanolo il provettone; introdurre nel tappo di gomma la pipetta e il termometro applicando il tappo al provettone e facendo in modo che il livello dell'alcol nella pipetta raggiunga la divisione 0 o 0,1 mL circa.
2. Leggere e annotare la temperatura dell'alcol con l'approssimazione di  $0,2^{\circ}\text{C}$ .
3. Scaldare a bagnomaria fino ad ottenere un aumento della temperatura di circa  $30^{\circ}\text{C}$ .
4. Leggere e annotare la graduazione raggiunta dall'alcol nella pipetta ogni  $5^{\circ}\text{C}$ .
5. Al termine dell'esperimento versare l'alcol del provettone in un cilindro graduato da 100 mL e misurare il volume alla temperatura ambiente.
6. Riportare i valori ottenuti in una tabella, tracciare il grafico  $\frac{\Delta V}{V} = f(\Delta t)$  e determinare la pendenza della retta, cioè il coefficiente di dilatazione termica  $\alpha$ .

**4. Risultati**

Dall'equazione  $\Delta V = \alpha \cdot V \cdot \Delta t$ , si ricava  $\alpha$ , cioè il coefficiente di dilatazione termica:

Con  $V = 250 \text{ mL}$ ,  $\Delta V = 0,8 \text{ mL}$  per  $\Delta t = 8,0^{\circ}\text{C}$ , si ottiene:

$$\alpha = \frac{0,8 \text{ mL}}{250 \text{ mL} \cdot 8,0^{\circ}\text{C}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

### E 1.3. Il calore specifico di un metallo

#### 1. Scopo

La quantità di calore  $\Delta Q$  necessaria per aumentare di  $\Delta t$  la temperatura di un corpo è proporzionale alla massa  $m$  del corpo e all'aumento della temperatura. Si ha  $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ , dove  $c$  è un coefficiente di proporzionalità detto **calore specifico** ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Il calore specifico è il calore necessario a un'unità di massa di sostanza per elevare la temperatura di 1 K.

#### 2. Materiale

- dewar da 1000 mL
- bicchiere da 500 mL
- cilindro graduato da 250 mL
- pinza di metallo
- treppiedi con reticella d'amianto
- becco Bunsen
- termometro ( $\pm 0,2$  °C)
- bilancia Mettler ( $\pm 0,01$  g)
- pietre d'ebollizione
  
- pezzi di ferro, di rame, di stagno ecc.

#### 3. Procedimento

1. Pesare il pezzo di ferro ( $m_m$ ).
2. Introdurlo nel bicchiere da 500 mL con 200 mL d'acqua e una pietra d'ebollizione.
3. Riscaldare fino a che l'acqua bolle.
4. Pesare 200 mL di acqua ( $m_{aq}$ ), versarli nel dewar e misurare la temperatura ( $t_1$ ).
5. Quando l'acqua del bicchiere ha raggiunto il punto d'ebollizione misurare la temperatura ( $t_3$ ).
6. Spostare rapidamente il pezzo di ferro dal bicchiere al dewar e misurare la temperatura massima raggiunta dall'acqua nel dewar ( $t_2$ ).
7. Calcolare il calore specifico del ferro.
8. Ripetere l'esperienza sostituendo il ferro con un altro metallo.

#### 4. Risultati

Il calore perso dal metallo è acquistato dall'acqua:

$$m_{aq} \cdot c_{aq} \cdot (t_2 - t_1) = -m_m \cdot c_m \cdot (t_2 - t_3)$$

da cui:

$$c_m = - \frac{m_{aq} \cdot c_{aq} \cdot (t_2 - t_1)}{m_m \cdot (t_2 - t_3)}$$

dove:  $c_{aq} = 4,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

	Valore trovato [kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Valore accettato [kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Errore relativo
Ferro	0,55	0,45	22%
Rame	0,37	0,39	18%

---

Stagno	0,19	0,23	5%
--------	------	------	----

## E 1.4. Il calore di fusione del ghiaccio

### 1. Scopo

Il *calore di fusione* ( $Q_{\text{fus}}$ ) è il calore necessario per fondere un'unità di massa di una sostanza.

### 2. Materiale

- dewar da 1'000 mL
- bicchiere da 500 mL
- cilindro graduato da 250 mL
- termometro ( $\pm 10,2$  °C)
- bilancia Mettler ( $\pm 0,01$  g)
  
- ghiaccio

### 3. Procedimento

1. Mettere in un bicchiere alcuni cubetti di ghiaccio con acqua per alcuni minuti (la temperatura del ghiaccio deve essere di 0°C).
2. Pesare il dewar vuoto.
3. Versare 200 mL di acqua nel dewar, pesare il tutto e misurare la temperatura ( $t_1$ ).
4. Dedurre la massa dell'acqua ( $m_{\text{aq}}$ ).
5. Versare nel dewar 6 cubetti di ghiaccio a 0°C.
6. Agitare delicatamente l'acqua con il termometro e quando tutto il ghiaccio è fuso misurare la temperatura finale ( $t_2$ ).
7. Pesare nuovamente il tutto e dedurre la massa del ghiaccio ( $m_{\text{g}}$ ).
8. Determinare il calore di fusione del ghiaccio.

### 4. Risultati

$$Q_{\text{fus}} \cdot m_{\text{g}} + c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{g}} \cdot (t_2 - 0^\circ\text{C}) = -c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{a}} \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q_{\text{fus}} = \frac{c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{aq}} \cdot (t_1 - t_2) + c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{g}} \cdot (0^\circ\text{C} - t_2)}{m_{\text{g}}}$$

dove:

$Q_{\text{fus}}$  = calore di fusione del ghiaccio;  
 $c_{\text{aq}} = 4,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

	Valore trovato [kJ.kg <sup>-1</sup> ]	Valore accettato [kJ.kg <sup>-1</sup> ]	Errore relativo
$Q_{\text{fus}}$	304	334	9%

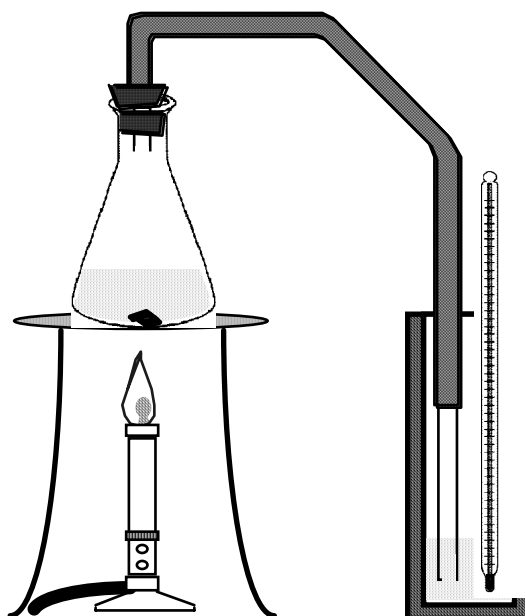


**E 1.5. Il calore di condensazione dell'acqua****1. Scopo**

Il *calore di condensazione* o il *calore di vaporizzazione* ( $Q_{cond} = - Q_{vap}$ ) è il calore coinvolto nella condensazione o vaporizzazione di un'unità di massa di una sostanza.

**2. Materiale**

- sostegno, morsetto, pinza
- dewar da 1'000 mL
- beuta da 500 mL con tappo di gomma forato
- treppiede con reticella metallica
- becco Bunsen con sostegno
- pietraia d'ebollizione
- tubo di vetro, 0 7 mm, lungo circa 30 cm, isolato come indicato nella figura
- elevatore
- bilancia Mettler ( $\pm 0,01$  g)
- termometro ( $\pm 0,2$  °C)



**Figura: schema dell'apparecchiatura**

**3. Procedimento**

1. Montare l'apparecchio come indicato nella figura.
2. Introdurre nella beuta circa 200 mL d'acqua e una pietraia di ebollizione. Riscaldare alla fiamma.
3. Pesare il dewar, introdurvi circa 300 mL d'acqua e pesare di nuovo per conoscere la massa di quest'ultima ( $m_{aq}$ ).
4. Determinare la temperatura dell'acqua ( $t_1$ ).
5. Pochi istanti dopo che l'acqua ha cominciato a bollire, far gorgogliare il vapore nell'acqua contenuta nel dewar finché la temperatura aumenta di circa 10 °C.
6. Misurare questa temperatura ( $t_2$ ).

7. Pesare di nuovo il dewar e trovare la massa dell'acqua contenuta ( $m_2$ ).  
La massa del vapore trasferito sarà:  $m_v = m_2 - m_{aq}$ .
8. Determinare il calore di condensazione dell'acqua.

#### 4. Risultati

$$Q_{\text{cond}} \cdot m_v - c_{\text{aq}} \cdot m_v \cdot (t_2 - 100^\circ\text{C}) = c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{aq}} \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q_{\text{cond}} = c_{\text{aq}} \cdot \frac{m_{\text{aq}} \cdot (t_2 - t_1) + m_v \cdot (t_2 - 100^\circ\text{C})}{m_v}$$

dove:

$c_{\text{cond}}$  = calore di condensazione del vapore;  
 $c_{\text{aq}} = 4,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  
 $m_{\text{aq}}$  = massa dell'acqua nel dewar;  
 $m_v$  = massa del vapore;  
 $t_1$  = temperatura iniziale dell'acqua nel dewar;  
 $t_2$  = temperatura finale.

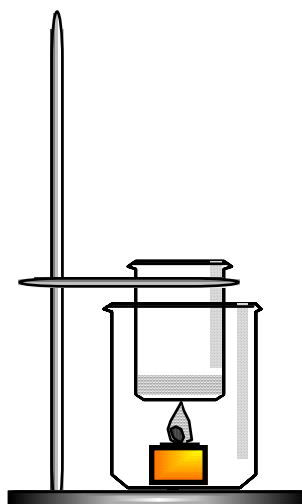
	Valore trovato [kJ.kg <sup>-1</sup> ]	Valore accettato [kJ.kg <sup>-1</sup> ]	Errore relativo
$Q_{\text{cond}}$	$2,0 \cdot 10^3$	$2,257 \cdot 10^3$	11%

**E 1.6. Il calore di combustione della paraffina****1. Scopo**

Il *calore di combustione* ( $Q_{comb}$ ) è il calore liberato dalla combustione di un'unità di massa di una sostanza.

**2. Materiale**

- bicchiere da 150 mL
- bicchiere da 250 mL
- cilindro graduato da 100 mL
- sostegno, morsetto, pinza
- bilancia Mettler ( $\pm 0,01$  g)
- termometro ( $\pm 1^\circ\text{C}$ )
  
- lumino di paraffina



**Figura: schema dell'apparecchiatura**

**3. Procedimento**

1. Misurare con il cilindro graduato 100 mL di acqua a temperatura di qualche grado inferiore a quella ambiente e versarli nel bicchiere da 150 mL.
2. Registrare la temperatura dell'acqua  $t_1$ .
3. Pesare con la precisione di 0,01 g il lumino di paraffina ( $m_1$ ).
4. Fissare il bicchiere come nella figura.
5. Accendere il lumino e porlo sotto il bicchiere a una quota tale che la fiamma ne lambisca il fondo.
6. Agitare l'acqua con il termometro e ogni tanto leggerne la temperatura  $t_2$  raggiunta.
7. Spegnerne la fiamma quando l'aumento di temperatura ha raggiunto circa  $20^\circ\text{C}$ .
8. Pesare nuovamente il lumino ( $m_2$ ).
9. Determinare la massa di paraffina bruciata e il calore di combustione della paraffina.



#### 4. Risultati

Il calore  $Q$  ricevuto dall'acqua è:

$$Q = c_{\text{aq}} \cdot m_{\text{aq}} \cdot (t_2 - t_1)$$

dove:

$$c_{\text{aq}} = 4,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$$

$$m_{\text{aq}} = \text{massa dell'acqua};$$

$$t_1 = \text{temperatura iniziale dell'acqua};$$

$$t_2 = \text{temperatura finale dell'acqua}.$$

La massa di paraffina bruciata è:

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

Il calore  $Q$  è anche il calore fornito all'acqua dal lumino a seguito della combustione della massa  $\Delta m$  di paraffina :

$$Q = Q_{\text{comb}} \cdot \Delta m \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{comb}} = \frac{Q}{\Delta m}$$

dove:

$$Q_{\text{comb}} = \text{calore di combustione di 1 g di paraffina};$$

$$Q = \text{calore sviluppato dalla combustione di una massa } \Delta m \text{ di paraffina}.$$

#### Osservazioni

Per convogliare sul fondo del bicchiere una buona parte del calore prodotto dalla fiamma, conviene infilare il lumino in un tubo di diametro leggermente superiore.

Se il lumino è montato in un bicchiere di altezza maggiore del cilindro di paraffina, è sufficiente praticare qualche foro nella parete, per migliorare l'afflusso dell'aria.

Si confronti il calore di combustione della paraffina ( $24 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ) con il potere nutritivo, per esempio del riso o delle paste alimentari, che è di circa  $15 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ .

Si noti che l'energia ottenibile bruciando 1 grammo di paraffina equivale al lavoro  $L$  minimo necessario per sollevare di 100 m una massa di 24 kg:

$$L = m \cdot g \cdot h \quad \Rightarrow \quad L = 24 \text{ kg} \cdot 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 100 \text{ m} = 24 \text{ kJ}$$

**E 1.9. Il riscaldamento elettrico dell'acqua****1. Scopo**

L'energia utile a svolgere del lavoro, come l'energia elettrica (oppure l'energia meccanica o l'energia chimica) può essere convertita completamente in calore.

**2. Materiale**

- fornello elettrico (o scaldacqua a immersione)
- contatore di consumo elettrico
- termometro ( $\pm 0,2$  °C)
- pentolino metallico

**3. Procedimento**

1. Tarare il contatore elettrico contando il numero di giri del disco che corrispondono all'energia assorbita di 1 kWh.
2. Porre il pentolino riempito con 1 litro di acqua sul fornello elettrico.
3. Annotare i kWh del contatore elettrico e la temperatura iniziale ( $t_1$ ) dell'acqua.
4. Collegare il fornello al contatore e quest'ultimo alla rete elettrica.
5. Riscaldare l'acqua in modo da fornire almeno 1 kWh di energia elettrica con il fornello alla massima potenza.
6. Registrare il numero di giri del disco e la temperatura massima raggiunta dall'acqua ( $t_2$ ).
7. Verificare l'equivalenza tra energia elettrica fornita e calore ricevuto dall'acqua.

**4. Risultati**

Se 1 kWh (3'600 kJ) corrisponde, per esempio, a 2'400 giri, l'energia assorbita a ogni giro è:

$$\frac{3'600 \text{ kJ}}{2'400 \text{ giri}} = 1,5 \frac{\text{kJ}}{\text{giro}}$$

Il calore assorbito dall'acqua è:  $Q = c_{\text{aq}} \cdot m \cdot \Delta t$

dove:

$$c_{\text{aq}} = 4,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$$

$m$  = massa dell'acqua in kg;

$\Delta t = t_2 - t_1$  = variazione della temperatura dell'acqua in K;

$Q$  = calore assorbito dall'acqua in kJ.