

Dall'esperimento alla legge: la dispersione del calore

Gruppo: Tizia, Caia, Sempronio, Tullia [cognomi o nomi e cognomi]

Scopo: capire in che modo si passa dalla raccolta di dati alla scrittura di una legge fisica. Scrivere in particolare la legge che descrive la dispersione del calore in funzione del tempo.

Materiali: beuta contenente 300 g d'acqua, bacchetta per girare l'acqua, tappo; bunsen; treppiedi; accendino.

Strumenti: termometro (portata: da -10°C a 100°C ; sensibilità: 0.5°C); cronometro del cellulare (portata: 24 h; sensibilità: 1 cs).

beuta



bunsen



treppiedi



cronometro



termometro da laboratorio



METODOLOGIA

- ⇒ Ci siamo divisi i compiti in questo modo: Tizia toglieva il tappo dalla beuta e lo rimetteva, Caia mescolava l'acqua, Tullia inseriva il termometro e leggeva il termometro, Sempronio forniva un'altra lettura del termometro e cronometrava il tempo, Caia scriveva i valori forniti da Tullia e Sempronio.
- ⇒ L'esperimento è partito con Tullia e Sempronio che rilevavano con il termometro la temperatura dell'acqua contenuta nella beuta. Non ci sono stati particolari accortezze da seguire perché la temperatura dell'acqua era la stessa dell'ambiente: hanno aspettato che la colonna di mercurio si fermasse e hanno letto comodamente la temperatura segnata, facendo attenzione a minimizzare l'effetto di parallasse, e cioè ponendosi all'altezza della tacca del termometro da leggere.
- ⇒ Caia ha riportato in tabella il valore rilevato (20°C) nella casella corrispondente a θ_0 sia della colonna θ_{misurata} che della colonna θ_{ideale} .
- ⇒ Con l'accendino, l'assistente di laboratorio ha acceso il bunsen a fiamma moderata (affinché nei 10'-15' in cui si svolge l'esperimento l'acqua non giungesse a ebollizione, perché in quel caso la temperatura si assesterebbe sui 100°C e non ci sarebbe più modo di mettere in relazione il calore disperso – che calcoliamo servendoci della variazione di temperatura – e il tempo) e vi ha posizionato sopra il treppiedi.
- ⇒ Tizia ha posto la beuta priva di tappo sul treppiedi e Sempronio ha fatto partire il cronometro.
- ⇒ Dopo circa 5s, Caia ha mescolato l'acqua con la bacchetta (per uniformare la temperatura) e Tullia ha inserito il termometro nell'acqua (attenta a non far toccare al bulbo del termometro il fondo della beuta, perché la temperatura del fondo è di molto superiore a quella media dell'acqua e molto superiore ai 100°C perciò avrebbe anche rischiato di far esplodere il termometro).
- ⇒ Tullia ha lasciato il termometro nell'acqua per 5s perché dovevamo rilevare la temperatura raggiunta dall'acqua dopo 10s di permanenza sul fuoco.
- ⇒ Allo scadere dei 10s (Sempronio ci ha tenuto a conoscenza dello scorrere del tempo contando da 5 a 0 ad alta voce) Tullia e Sempronio hanno scelto la temperatura basandosi sulla prima letta sul termometro allo scadere dei 10s (la colonna continuava a salire, nel frattempo!), facendo attenzione sempre a minimizzare l'effetto di parallasse.

- ⇒ L'operazione di lettura della temperatura non poteva durare più di 1 secondo perciò richiedeva una grande coordinazione fra noi (il cronometro continuava a camminare nel frattempo) e si basava molto sulle capacità di lettura di Tullia e Sempronio. A volte non si trovavano in accordo e sceglievamo una temperatura intermedia fra quelle proposte dai due.
- ⇒ Poi Tullia ha tolto il termometro e l'ha avvolto in un panno di lana per far scendere il meno possibile la temperatura.
- ⇒ Tizia ha rimesso il tappo alla beuta. L'ha poi ritolto 5s prima dello scadere del tempo indicato, che questa volta e le successive era, però, 60s.
- ⇒ Nel frattempo Caia ha inserito la misura rilevata (22°C) nelle caselle θ_1 sia della colonna θ_{misurata} che della colonna θ_{ideale} nell'ipotesi che in 10s il calore disperso non potesse essere poi granché.
- ⇒ Abbiamo proceduto per ogni successiva misurazione nello stesso modo: immergendo il termometro in acqua pochi secondi prima che il cronometro segnasse il tempo stabilito in tabella.
- ⇒ Abbiamo dunque rilevato e registrato in tabella le temperature raggiunte dall'acqua nei vari intervalli di tempo richiesti (vedi colonna t (in s)).
- ⇒ Tra una misurazione e l'altra, abbiamo compilato le rimanenti colonne della tabella.
- ⇒ Tenendo presente la proporzionalità diretta che ci sarebbe tra tempo e variazione di temperatura se il calore non si disperdesse, abbiamo compilato la colonna θ_{ideale} .

$$\text{ES } t_2=60s = 6 \cdot t_1 \rightarrow \theta_{2 \text{ (id)}} = \theta_0 + 6 \cdot (\theta_1 - \theta_0) = 20 + 12 = 32;$$

$$t_3=120s = 12 \cdot t_1 \rightarrow \theta_{3 \text{ (id)}} = \theta_0 + 12 \cdot (\theta_1 - \theta_0) = 20 + 24 = 44$$

- ◇ Successivamente, abbiamo calcolato i valori del calore assorbito ideale, cioè in assenza di dispersione di calore nel sistema in cui abbiamo effettuato l'esperimento, e li abbiamo inseriti nella colonna $Q_{\text{ass. id.}}$. Per farlo ci siamo serviti della formula $Q_{\text{ass. id.}} = c m (\theta_{\text{ideale}} - \theta_0)$, in cui $m=0,3\text{Kg}$ e $c=1 \text{ Cal / kg } ^\circ\text{C}$.

$$\text{ES. } Q_5 = c m (528-20) \rightarrow Q_5 = 0,3(508) = 152400 \text{ Cal}$$

- ◇ Nello stesso modo, sostituendo però nei calcoli le temperature misurate a quelle ideali, abbiamo calcolato il calore assorbito reale, ovvero in presenza di dispersione di calore.
- ◇ Infine abbiamo calcolato la differenza tra il calore ideale e quello reale: il CALORE DISPERSO ($Q_{\text{ass. id.}} - Q_{\text{ass. reale}}$).
- ◇ In realtà, per ottenere il calore disperso bastava osservare come, dall'essere:

$$Q_{\text{ass. id.}} = c m (\theta_{\text{ideale}} - \theta_0) ; Q_{\text{ass. reale}} = c m (\theta_{\text{reale}} - \theta_0),$$

$$Q_{\text{disp}} = Q_{\text{ass. id.}} - Q_{\text{ass. reale}} = c m (\theta_{\text{ideale}} - \theta_{\text{reale}})$$

Una volta completata la tabella (pag. successiva), abbiamo studiato con che andamento il calore si era disperso dall'acqua all'ambiente circostante. Considerato il primo valore $Q_{\text{disperso}}=2,4\text{Cal}$ (valore corrispondente al tempo t_3) e abbiamo notato che, da t_4 in poi, quando il tempo raddoppiava, triplicava, quadruplicava, ecc., anche il calore disperso corrispondente era il doppio, il triplo, il quadruplo, ecc.

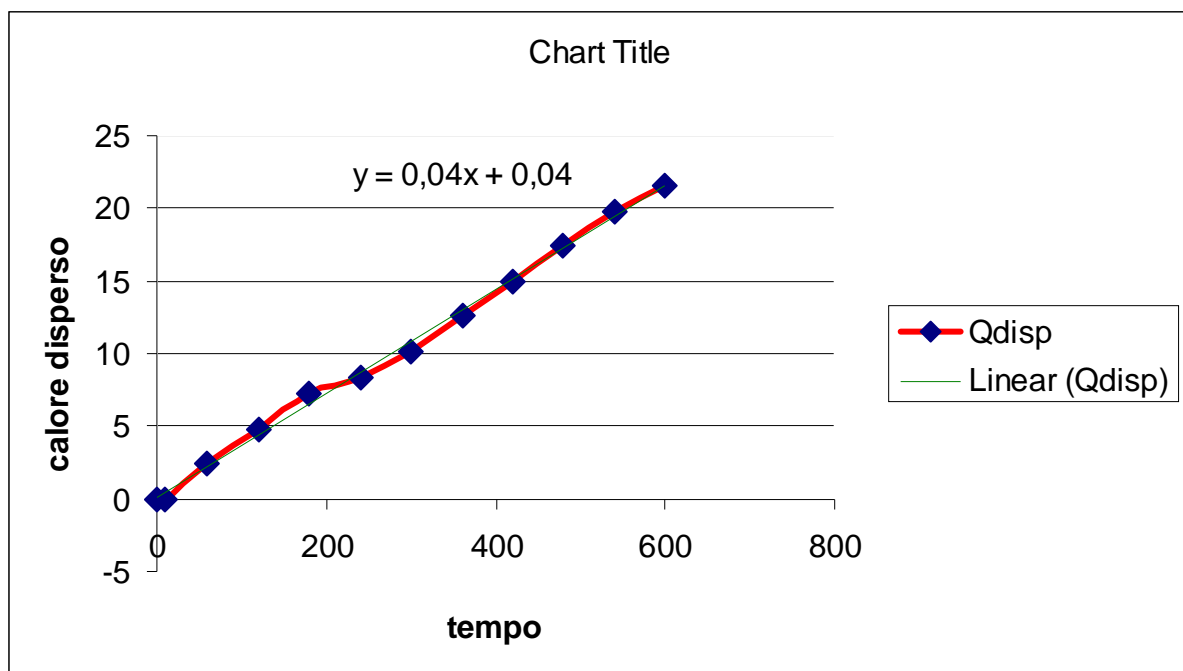
ES.	$t_4=60s$	$Q_{\text{disperso}}=2,4 \text{ Cal}$
	$\downarrow \cdot x2$	$\downarrow \cdot x2$
	$t_5=120s$	$Q_{\text{disperso}} = 4,8 \text{ Cal}$

t	θ_{mis}	θ_{id}	$\theta_{\text{id}} - \theta_{\text{mis}}$	Q_{disp}
0	20	20	0	0
10	22	22	0	0
60	24	32	8	2,4
120	28	44	16	4,8
180	32	56	24	7,2
240	40	68	28	8,4
300	46	80	34	10,2
360	50	92	42	12,6
420	54	104	50	15
480	58	116	58	17,4
540	62	128	66	19,8
600	68	140	72	21,6

⇒ Di conseguenza abbiamo dedotto che t e Q_{disperso} (ignorando i valori $t=10s$ e $Q_{\text{disp}}=0$), sono tra loro direttamente proporzionali ($t \propto Q_{\text{disperso}}$) e quindi il loro rapporto è costante. In particolare $Q/t = 0,04 \text{ Cal/s}$

$$\Rightarrow Q_{\text{disperso}} = 0,04 * t$$

⇒ Ecco il grafico corrispondente alla funzione trovata. Pur basandosi su dati approssimativi, esso dimostra che, secondo l'esperienza da noi portata avanti, il calore si disperde in modo costante nel tempo; di fatti, ne deriva, graficamente, una retta che, a partire dal punto 0 (0;0), cresce ad intervalli costanti.



Osservazioni: non ci aspettavamo che la dispersione del calore seguisse una legge lineare ma ci aspettavamo che seguisse una legge quadratica, cioè che la quantità di calore disperso nel tempo non fosse costante nel tempo, ma aumentasse nel tempo!

In base al risultato raggiunto abbiamo quindi capito che, per ottenere la relazione fra calore e variazione di temperatura, non c'era bisogno di spaccarsi tanto la testa su esperimenti virtuali così difficili da capire per noi ma che avremmo potuto fare quegli esperimenti realmente in laboratorio!