

G. ALBERINI, A. DELL'ARINGA  
R. GUALTIERI, L. VIONI

Istituto Tecnico Industriale « E. Fermi »  
Mantova

## NOTE DI LABORATORIO

a cura di GIULIO CALVELLI

(Per eventuali contributi indirizzare al  
curatore - Dipartimento di Fisica dell'Uni-  
versità - Via Marzolo 8 - 35100 Padova

# La selezione fondamentale delle calorimetrie

## Introduzione

Con un esperimento molto semplice è possibile ricavare la relazione che lega: quantità di calore, calore specifico, massa della sostanza e aumento o diminuzione di temperatura (Relazione fondamentale della calorimetria).

L'idea fondamentale, presa da un esperimento riportato nella parte finale del IPS vol. I, è quella di usare uno strumento molto semplice e poco costoso, facilmente reperibile sul mercato: uno scaldino elettrico. Esso cede alla sostanza nella quale viene immerso quantità di calore che sono direttamente proporzionali al tempo durante il quale rimane acceso. Risulta quindi plausibile e molto pratico prendere come misura del calore fornito il tempo durante il quale la sorgente è rimasta accesa.

Dal punto di vista didattico risulta utile e interessante il lavoro riguardante la elaborazione dei dati sperimentali con tabelle e soprattutto grafici. Questo esperimento, realizzato con una apparecchiatura semplicissima, reperibile in un comune laboratorio di scuola media superiore, permette di avvicinare gli studenti ad una buona fisica sperimentale.

## Materiale occorrente

Scaldino a resistenza elettrica con potenza pari a 300 W e funzionante a 220 V; termometro  $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \div 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  tarato in  $^{\circ}\text{C}$ ; vaso calorimetrico normale; cronometro contasecondi; bacchetta di vetro; I kg di glicerina. (fig. 1)

## Esecuzione dell'esperienza con l'acqua

Fornendo calore, attraverso lo scaldino, a tre masse di acqua:  $m_1 = 400\text{ g}$ ,  $m_2 = 600\text{ g}$  e  $m_3 = 800\text{ g}$  e misurando ogni 15 secondi le rispettive temperature raggiunte, otteniamo le tre tabelle di dati riportate nella pagina seguente nelle quali sono stati calcolati anche gli aumenti di temperatura rispetto a quelle iniziali.

Ricordando che la quantità di calore fornita dallo scaldino è proporzionale al tempo, invece di portare la quantità di calore (di cui non conosciamo, per ora, unità di misura) sull'asse verticale di un grafico  $Q, \Delta T$  portiamo il tempo. Riportiamo quindi in un grafico  $t, \Delta T$  dati relativi alle tre masse d'acqua. Dal grafico A così ottenuto, possiamo trarre le seguenti

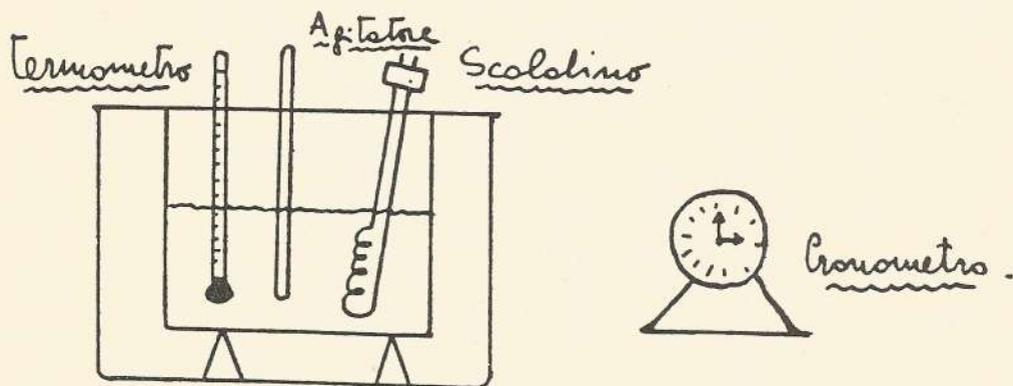


Fig. 1

acqua

$m_1$			$m_2$			$m_3$			$m_3$		
$t(s)$	$T(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$t(s)$	$T(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$t(s)$	$T(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$			
0	19,0	0,0	0	17,5	0,0	0	18,0	0,0	590	62,5	45,5
15	20,0	1,0	15	18,0	0,5	15	18,5	0,5	605	63,5	46,5
30	21,0	2,0	30	20,0	2,5	30	20,0	2,0	620	65,0	48,0
45	23,0	4,0	45	21,5	4,0	45	21,0	3,0			
60	26,0	7,0	60	23,0	5,5	60	22,0	4,0			
75	28,0	9,0	75	25,0	7,5	75	23,5	5,5			
90	30,0	11,0	90	26,5	9,0	90	25,5	6,5			
105	32,0	13,0	105	28,0	10,5	105	26,5	8,0			
120	34,0	15,0	120	29,5	12,0	120	27,0	9,0			
135	36,5	17,5	135	31,0	13,5	135	28,0	10,0			
150	39,0	20,0	150	32,5	15,0	150	29,5	11,5			
165	41,0	22,0	165	34,0	16,5	165	30,5	12,5			
180	43,0	24,0	180	35,0	17,5	180	32,0	14,0			
195	45,5	26,5	195	36,5	19,0	195	33,0	15,0			
210	47,0	28,0	210	38,0	20,5	210	34,0	16,0			
225	50,0	31,0	225	39,5	22,0	225	35,5	17,5			
240	51,5	32,5	240	41,0	23,5	240	36,5	18,5			
255	53,0	34,0	255	42,0	25,5	255	37,5	19,5			
270	55,5	36,5	270	43,5	26,0	270	39,0	21,0			
285	57,0	38,0	285	45,0	27,5	285	40,0	22,0			
300	59,0	40,0	300	46,5	29,0	300	41,0	23,0			
315	60,5	41,5	315	48,0	30,5	315	42,0	24,5			
330	62,0	43,0	330	49,5	32,0	330	42,5	24,5			
345	64,0	45,0	345	51,0	33,5	330	44,0	26,0			
360	66,0	47,0	360	52,0	34,5	345	45,0	27,0			
			375	53,5	36,0	360	46,0	28,0			
			390	54,0	36,5	375	47,0	29,0			
			405	55,5	38,0	390	48,0	30,0			
			420	56,5	39,0	405	49,5	31,5			
			435	58,0	40,5	420	50,5	32,5			
			450	59,5	42,0	435	51,5	33,5			
			465	60,5	43,0	450	52,5	34,5			
			480	61,5	44,0	465	53,5	36,5			
			495	62,5	45,0	480	54,5	37,5			
						495	55,5	38,5			
						510	56,5	39,5			
						525	57,5	40,5			
						540	58,5	41,5			
						555	60,0	43,0			
						560	60,5	43,5			
						575	61,5	44,5			

conclusioni:

- a) Per una certa massa d'acqua la quantità di calore  $Q$  fornita ad essa è direttamente proporzionale all'aumento di temperatura che subisce.
- b) Possiamo osservare che fissato un aumento di temperatura  $\Delta T_0$  ad arbitrio, per raggiungere tale aumento di temperatura le masse  $m_1$  e  $m_2$  necessitano rispettivamente di quantità di calore direttamente proporzionali ad esse; infatti dal grafico A abbiamo:

$$\frac{m_2}{m_1} \simeq \frac{Q_2}{Q_1} \quad \text{da cui} \quad m \propto Q$$

- c) Possiamo osservare che fissata ad arbitrio una certa quantità di calore  $Q_0$ , questa farà assumere alle due masse  $m_1$  e  $m_2$  aumenti di temperatura inversamente proporzionali ad esse; infatti dal grafico A abbiamo:

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \simeq \frac{m_2}{m_1} \quad \text{da cui} \quad m \propto \frac{1}{\Delta T}$$

Dalle conclusioni tratte nei punti b) e c) possiamo dire che:

$$m \propto \frac{Q}{\Delta T} \quad \text{da cui} \quad Q \propto m \cdot \Delta T$$

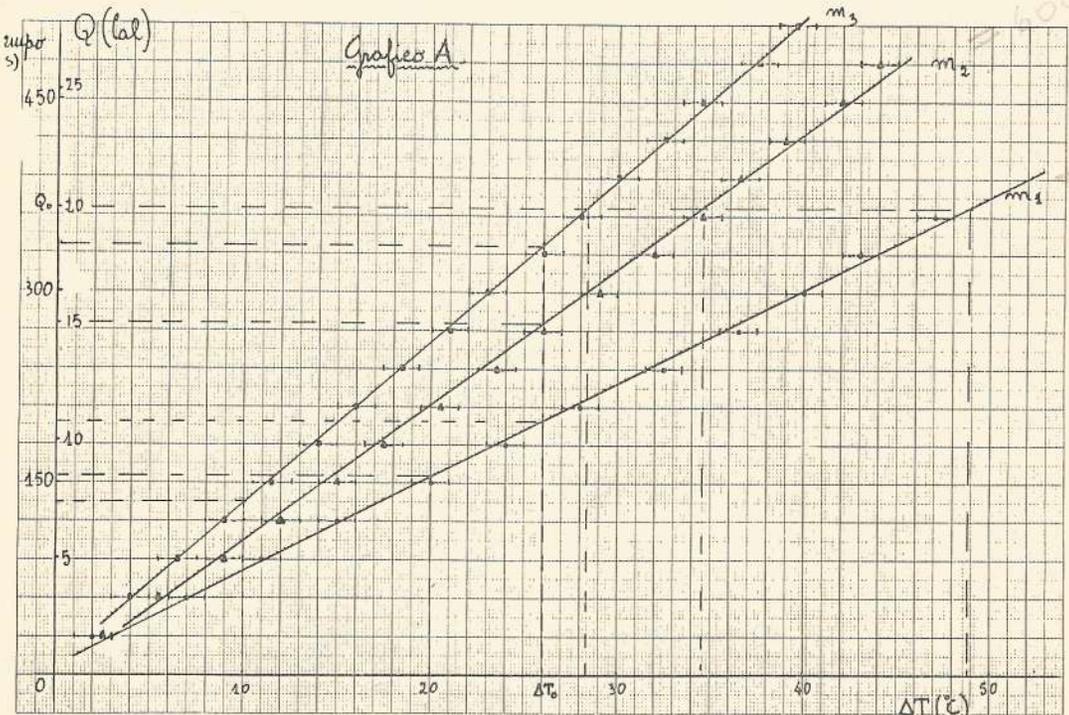
e quindi scrivere la relazione esistente tra  $Q, m$  e  $\Delta T$  cioè:  $Q = k m \Delta T$ .

### Definizione dell'unità di misura del calore e significato fisico della costante $K$

La quantità di calore che bisogna fornire ad una massa d'acqua distillata pari ad 1 Kg per aumentare la sua temperatura di  $1^\circ\text{C}$  viene chiamata caloria (Cal) ed è l'unità di misura della quantità di calore. Ricordando la relazione fondamentale ricavata per l'acqua  $Q = K \cdot m \cdot \Delta T$ , determiniamo la costante di

proporzionalità:  $K = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$ , da cui possiamo

vedere che  $K$  rappresenta la quantità di calore che bisogna fornire ad 1 Kg di acqua per far aumentare la sua temperatura di  $1^\circ\text{C}$ . Questa quantità viene chiamata calore specifico, viene indicato con  $c_s$  e per l'acqua, data la precedente definizione dell'unità di misura del



calore, vale rispettivamente 1 Cal/1 Kg °C. Da notare che una definizione più accurata della calorìa richiederebbe un aumento di temperatura da 14,5 °C a 15,5 °C.

Possiamo ora tarare la scala verticale del grafico A in Cal, operazione estremamente semplice dal momento che conosciamo le masse d'acqua relative alle tre rette riportate nel grafico A. Si prende un  $\Delta T$  sull'asse orizzontale, ad esempio di 10 °C, la corrispondente quantità di calore sull'asse verticale, se riferita alla retta corrispondente a  $m_3$  rappresenta 8 Cal; in modo analogo prendendo un  $\Delta T$  di 20 °C la corrispondente quantità di calore riferita alla retta relativa ad  $m_1$  risulta essere, sull'asse verticale, pari a 8 Cal. I due punti così determinati sull'asse verticale non coincideranno a causa degli errori; prenderemo come punto corrispondente a 8 Cal il punto medio tra i due. Si può poi determinare l'intervallo corrispondente a 1 Cal, a 5 Cal, a 10 Cal, ecc.

### Calore specifico dei materiali

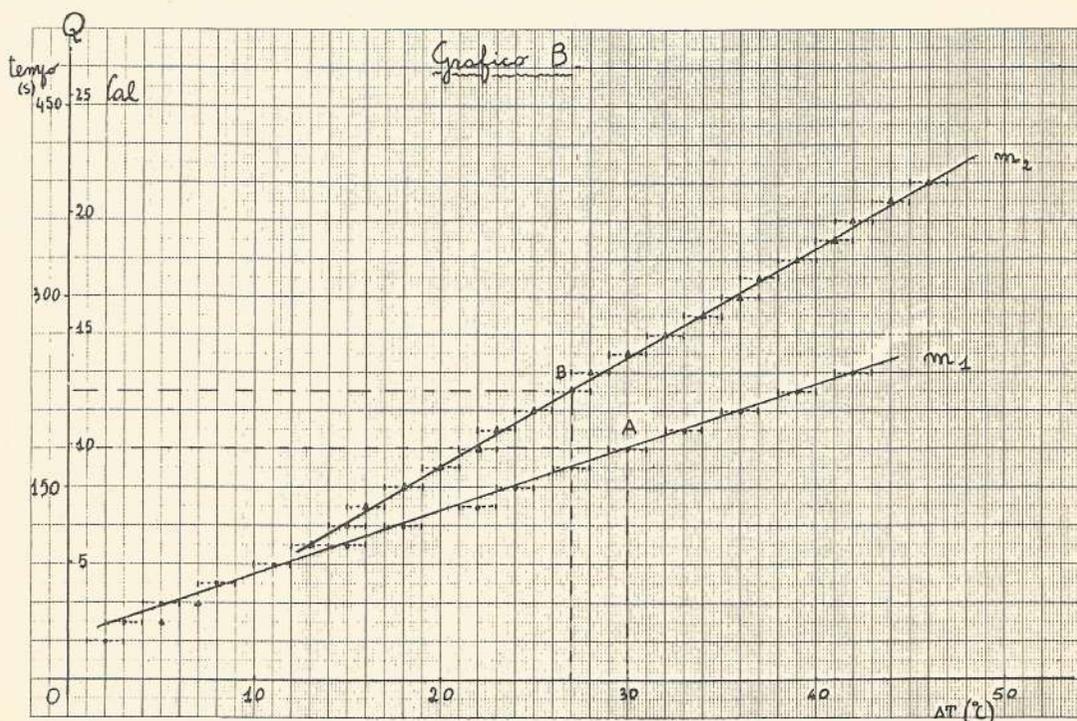
Cerchiamo di vedere ora se la relazione  $Q = c_s \cdot m \cdot \Delta T$  vale anche per le altre sostanze e se per queste il calore specifico assume valori diversi da quello dell'acqua. A questo scopo ripetiamo l'esperienza precedente con la glice-

rina (densità = 1,29 g/cm<sup>3</sup>), facilmente reperibile sul mercato e precisamente con due masse  $m_1 = 600$  e  $m_2 = 800$  g, ottenendo le due tabelle riportate nella pagina seguente. Riporiamo in un altro grafico  $Q, \Delta T$  i dati relativi alla glicerina con l'avvertenza che sull'asse verticale la quantità di calore  $Q$  è misurata in Cal, usando la stessa scala utilizzata nel grafico precedente relativo all'acqua. Da questo nuovo grafico B possiamo trarre le seguenti conclusioni:

- a) Anche per la glicerina è possibile, con lo stesso procedimento seguito per l'acqua, dimostrare che vale la relazione

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

- b) Cerchiamo ora di vedere se la costante di proporzionalità della relazione precedente, che abbiamo chiamato calore specifico, è diversa da quella dell'acqua. A questo riguardo prendiamo nel grafico riguardante la glicerina, due punti a piacere A e B rispettivamente sulla retta relativa ad  $m_1$  e sulla retta relativa a  $m_2$ ; a questi due punti corrispondono sugli assi verticale e orizzontale i seguenti valori di  $Q$  e di  $\Delta T$ : punto A:  $Q \cong 10$  Cal e  $\Delta T \cong 30$  °C, cui corrisponde un calore specifico



$m_1$ Glycerma. $m_2$ 

$t$ (s)	$T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	20,0	0,0
15	20,0	0,0
30	22,0	2,0
45	23,0	3,0
60	25,0	5,0
75	28,0	8,0
90	31,0	11,0
105	35,0	15,0
120	38,0	18,0
135	42,0	22,0
150	44,0	24,0
165	47,0	27,0
180	50,0	30,0
195	53,0	33,0
210	56,5	36,5
225	59,0	39,0
240	62,0	42,0

$t$ (s)	$T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	20,0	0,0
15	21,5	1,5
30	23,0	3,0
45	25,0	5,0
60	27,0	7,0
75	29,0	9,0
90	31,0	11,0
105	33,0	13,0
120	35,0	15,0
135	36,0	16,0
150	38,0	18,0
165	40,0	20,0
180	42,0	22,0
195	43,0	23,0
210	45,5	25,5
225	47,0	27,0
240	48,0	28,0
255	50,0	30,0
270	52,0	32,0
285	54,0	34,0
300	56,0	36,0
315	57,0	37,0
330	59,0	39,0
345	61,0	41,0
360	62,0	42,0
375	64,0	44,0
390	66,0	46,0

$$c_s = \frac{Q}{m \Delta T} = (0,56 \pm 0,06) \text{ Cal/Kg } ^\circ\text{C}.$$

punto B:  $Q \cong 12,4 \text{ Cal}$  e  $\Delta T \cong 27 ^\circ\text{C}$  cui corrisponde un calore specifico

$$c_s = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = (0,57 \pm 0,05) \text{ Cal/Kg } ^\circ\text{C}.$$

A questo punto possiamo dire agli studenti che per tutte le sostanze (come si potrebbe verificare sperimentalmente) vale la relazione:  $Q = c_s \cdot m \cdot \Delta T$  dove  $c_s$  varia da sostanza a sostanza ed è una caratteristica dei corpi chiamata calore specifico.

### Calcolo degli errori

L'errore sul valore del calore specifico della glicerina è stato determinato con la seguente formula relativa alla propagazione degli

$$\text{errori: } \frac{\Delta c_s}{c_s} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta(\Delta T)}{\Delta T} \quad \text{da}$$

cui l'errore assoluto su  $c_s$  sarà:

$$\Delta c_s = \left[ \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta(\Delta T)}{\Delta T} \right] \cdot c_s ;$$

dove  $\Delta m = \pm 10 \text{ g}$  in quanto sia la massa dell'acqua sia la massa della glicerina sono state misurate rispettivamente con beker graduati e con bilance poco sensibili per abbreviare i tempi di esecuzione dell'esperienza;

$$\Delta(\Delta T) = 1 ^\circ\text{C}$$

è l'errore compiuto su  $\Delta T$  in quanto l'errore nella misura di  $T$  risulta essere  $0,5 ^\circ\text{C}$  (il termometro usato misura fino al  $^\circ\text{C}$ ); infine  $\Delta Q = 0,5 \text{ Cal}$  dal grafico della glicerina. I valori ottenuti per il calore specifico della glicerina coincidono, nei limiti degli errori sperimentali, con quello dato dalle tabelle ( $c_s = 0,576 \text{ Cal/Kg } ^\circ\text{C}$ ).

### BIBLIOGRAFIA

- A. Vespi, L. Errico - Fisica di base - Loescher Ed.  
A. Vespi, L. Errico - Fisica oggi - Vol. I - Loescher Ed.

## AVVISO PER I SOCI

SI INVITANO TUTTI I COLLEGHI CHE NON LO AVESSERO ANCORA FATTO A RINNOVARE LA LORO ISCRIZIONE ALL'ASSOCIAZIONE