

Misure di calorimetria

Gruppo 3

20 Marzo 2023

Data esperienza: 20 Marzo 2023
Gruppo: Marta ARNOLDI
Giovanni CARMINATI
Istruttore: Prof. CALVI

Contents

1 Obiettivi:	2
2 Cenni Teorici	2
2.1 Calore scambiato	2
2.2 Massa equivalente	2
2.3 Equilibrio termico	2
2.4 Costante di Joule	2
2.5 Calore latente	2
3 Svolgimento dell'esperienza	3
3.1 Parte A: misura massa equivalente	3
3.2 Parte B: determinazione del calore specifico dei solidi	3
3.3 Parte C: misura della costante di joule	3
3.4 Parte D: Misura del calore latente di fusione del ghiaccio	3
4 Dati Raccolti	4
4.1 Parte A:	4
4.2 Parte B:	4
4.3 Parte C:	4
4.4 Parte D:	4
5 Analisi Dati	5
5.1 Parte A:	5
5.2 Parte B:	5
5.3 Parte C:	5
5.4 PARTE D:	7
6 Discussione dei risultati ottenuti	7
6.1 Parte A:	7
6.2 Parte B:	7
6.3 Parte C:	7
6.4 PARTE D:	8

1 Obiettivi:

Primo Obiettivo: Misura della massa equivalente per una certa massa di acqua

Secondo Obiettivo: Determinazione del calore specifico di alcuni materiali

Terzo Obiettivo: Misura della costante di Joule

Quarto Obiettivo: Misura del calore latente di fusione del ghiaccio

l'esperienza è svolta usando il **calorimetro delle mescolanze di Regault**

2 Cenni Teorici

2.1 Calore scambiato

Due corpi a temperature T_A, T_B ($T_A \geq T_B$) posti a contatto scambiano calore fino a raggiungere la stessa temperatura detta di equilibrio (T_e). Calcoliamo il calore scambiato con:

$$Q_{ceduto} = c_A m_A (T_A - T_e)$$

$$Q_{acquistato} = c_B m_B (T_e - T_B)$$

dove c è il calore specifico e m la massa dei corpi.

2.2 Massa equivalente

La massa equivalente m_e è la massa di una certa sostanza che assorbe tanto calore quanto i componenti del calorimetro.

2.3 Equilibrio termico

Se il sistema nel quale avviene lo scambio di calore è isolato allora vale $Q_{ceduto} = Q_{acquistato}$

$$c_S m_S (T_S - T_e) = c_{acqua} (m_{acqua} + m_e) (T_e - T_{acqua}) \quad (1)$$

2.4 Costante di Joule

La costante di Joule è il rapporto tra lavoro compiuto su un sistema e il calore prodotto $J = \frac{W}{Q}$. Nell'apparato a disposizione il lavoro è compiuto dal passaggio della corrente elettrica in un resistore immerso nell'acqua quindi

$$J = \frac{IV\Delta t}{c_{acqua} (m_{acqua} + m_e) \Delta T} \quad \frac{joule}{cal} \quad (2)$$

2.5 Calore latente

I cambiamenti di fase sono accompagnati da scambi di calore, che, per unità di massa, sono detti calori latenti. Nel caso di sostanze pure il calore latente è una quantità ben definita. La quantità di calore nel cambiamento di fase vale $Q = m\lambda$. Nella condizione di equilibrio si ha:

$$c_a (m_a + m_e) (T_a - T_e) = c_g m_g (T_0 - T_g) + m_g \lambda + c_a m_g (T_e - T_0) \quad (3)$$

3 Svolgimento dell'esperienza

3.1 Parte A: misura massa equivalente

- pesati 100g di acqua a temperatura ambiente
- scaldati altrettanti 100g di acqua a 50°C
- miscelate le due masse d'acqua nel calorimetro e atteso fino al raggiungimento dell'equilibrio termico
- misurata la temperatura di equilibrio T_e
- ripetuto per 5 volte

3.2 Parte B: determinazione del calore specifico dei solidi

- riscaldata l'acqua in un beker a 100°C
- pesati i campioni metallici
- immersi i campioni nell'acqua bollente affinché raggiungessero 100°C
- versati 200g di acqua nel calorimetro a temperatura ambiente
- immersi i campioni metallici nel calorimetro e atteso fino al raggiungimento della temperatura di equilibrio con l'acqua
- ripetuto 3 volte per ogni campione

3.3 Parte C: misura della costante di joule

Il lavoro è compiuto da una resistenza che si riscalda mantenendo I e V costanti

- versati nel calorimetro 200g di acqua a temperatura ambiente
- immessa nel calorimetro la resistenza
- misurata la temperatura ogni minuto per 15 minuti

3.4 Parte D: Misura del calore latente di fusione del ghiaccio

- pesati 300g di acqua e scaldati
- pesati 50g di ghiaccio
- miscelati acqua e ghiaccio nel calorimetro
- misurata la temperatura di equilibrio termico

4 Dati Raccolti

4.1 Parte A:

temperatura ambiente laboratorio	T_a	20 °C	293.16 K
massa acqua ambiente	m_1	0.1 kg	
massa acqua calda	m_2	0.1 kg	
temperatura m_1	T_1	20 °C	293.16 K
temperatura m_2	T_2	50 °C	323.16 K

T_e	34	33	35	34	34
-------	----	----	----	----	----

4.2 Parte B:

temperatura ambiente laboratorio	T_a	20 °C	293.16 K
massa acqua	m_1	0.2 kg	
massa ottone	m_2	0.122 kg	
massa rame	m_2	0.128 kg	
massa alluminio	m_2	0.039 kg	
temperatura campioni	T_2	100 °C	373.16 K

materiale	Ottone	Rame	Alluminio
\bar{T}_e	23.33	23.83	22.83

4.3 Parte C:

massa acqua	m	0.2 kg
delta t	Δt	15 min
temperatura acqua iniziale	T_i	21.5 °C 294.66 K
temperatura acqua finale	T_f	35.5 °C 308.6 K
tensione	V	15 V
corrente	I	3.5 A

4.4 Parte D:

massa acqua	m_a	0.3 kg
massa ghiaccio	m_g	0.05 kg
temperatura acqua	T_a	85.5 °C 358.66 K
temperatura ghiaccio	T_g	-17 °C 256.16 K
temperatura di equilibrio	T_e	57.5 °C 330.66 K

[link file excel contenente le misurazioni](#)

5 Analisi Dati

5.1 Parte A:

ricaviamo il valore della massa equivalente con la seguente equazione:

$$m_e = \frac{m_2(T_2 - T_e)}{T_e - T_1} - m_1$$

errore dovuto al termometro	σ_T	0.5 °C
errore dovuto alla bilancia	σ_m	0.001 kg
sigma T medio	$\sigma_{\bar{T}}$	0.40 °C
massa equivalente	m_e	0.012 kg
sigma massa equivalente	σ_{m_e}	0.007 kg

5.2 Parte B:

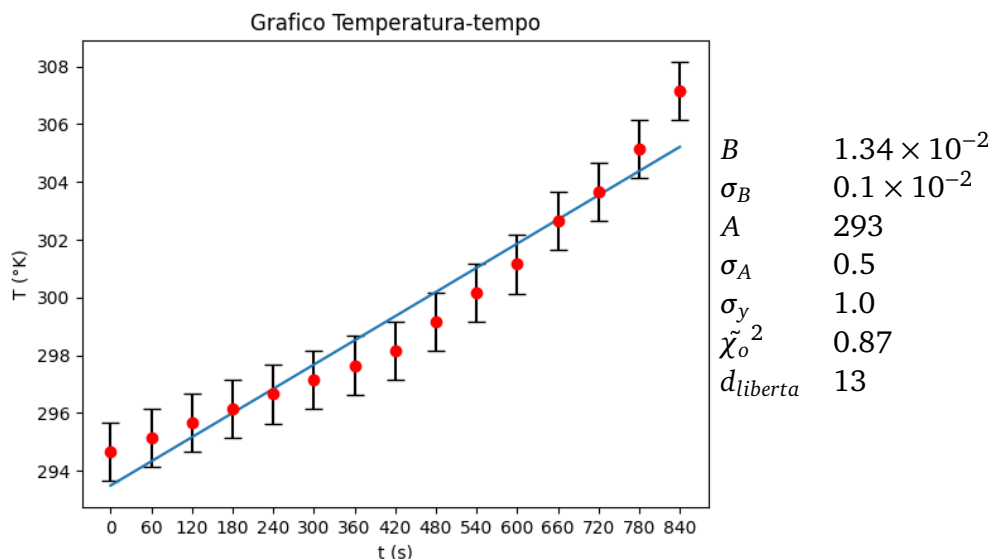
ricaviamo il calore specifico dei metalli dalla seguente equazione:

$$c = c_1 \frac{(T_e - T_a)(m_1 + m_e)}{(T_2 - T_e) * m_2}$$

Calore specifico rame:	$354 \pm 66 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$
Calore specifico ottone:	$319 \pm 69 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$
Calore specifico alluminio:	$843 \pm 214 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

5.3 Parte C:

Segue il grafico della temperatura in funzione del tempo raccolte in $\Delta t = 15 \text{ min}$:

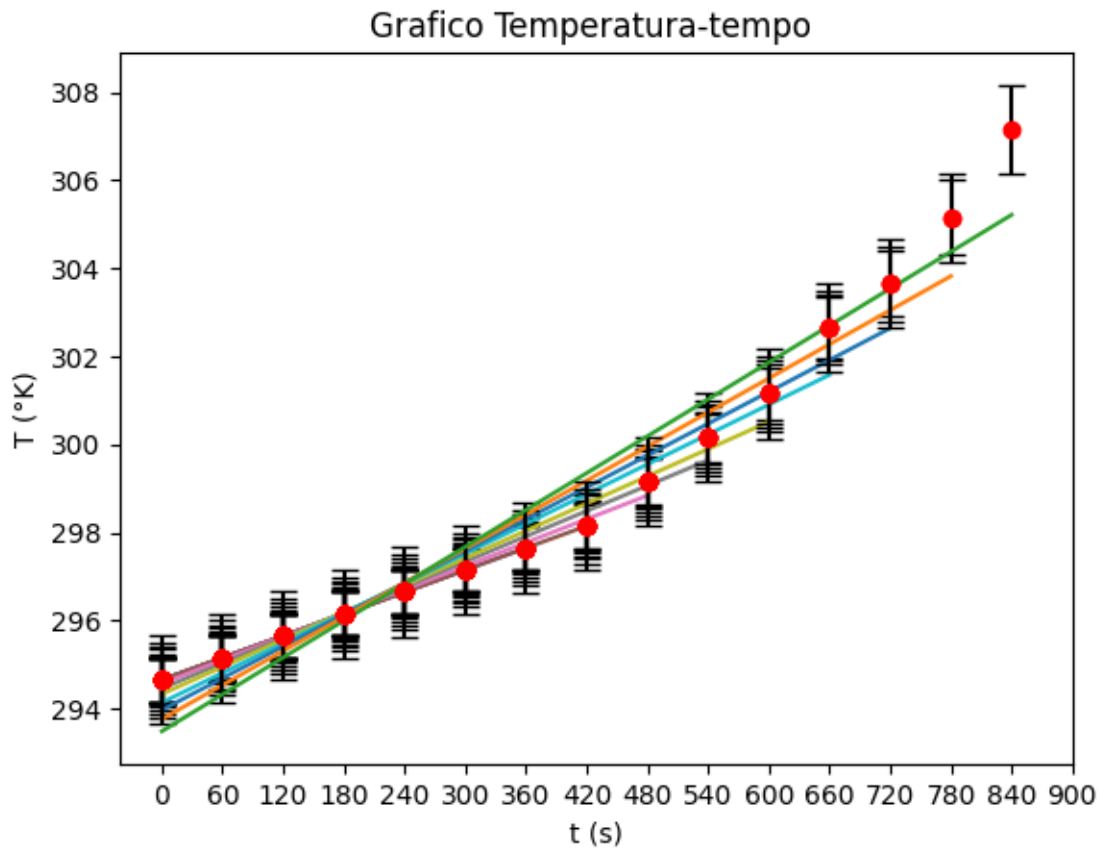


Possiamo ricavare dall'interpolazione il valore della costante di Joule:

$$T \propto t \Rightarrow T = \frac{IV}{c_{h_2O}J(m + m_e)}t \Rightarrow B = \frac{IV}{c_{h_2O}J(m + m_e)} \Rightarrow J = \frac{IV}{c_{h_2O}B(m + m_e)} \quad (4)$$

Costante di joule: $2.86 \pm 0.21 \text{ J cal}^{-1}$

Il risultato ottenuto è poco somigliante al valore atteso (4.19 J cal^{-1}) e la retta interpolata aumenta di pendenza progressivamente. Questo fa pensare che ci sia un errore sistematico non trascurabile, proviamo quindi a analizzare come l'errore si evolve nel tempo:



N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
σ_y	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52	0.55	0.6	0.69	0.76	0.85	1.01
B	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.01	0.01	0.011	0.012	0.013	0.014
σ_B	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
A	295.	295.	295.	295.	295.	295.	295.	294.	294.	294.	294.	294.	293.
σ_A	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.32	0.32	0.32	0.34	0.38	0.4	0.43	0.5
J	4.79	4.79	4.79	4.79	4.79	4.79	4.49	4.16	3.88	3.54	3.32	3.1	2.86
σ_J	3.39	2.14	1.52	1.15	0.91	0.74	0.56	0.44	0.36	0.3	0.26	0.22	0.21

I dati ottenuti mostrano come all'aumentare dei dati raccolti aumenti σ_y e diminuisca σ_B , per ricavare un valore della costante di joule (J) che tenga conto dell'evoluzione dell'errore sistematico calcoliamo la media pesata dei J ottenuti:

$$w = \frac{1}{\sigma_J^2}$$

$$\bar{J} = \frac{\sum w_i J_i}{\sum w_i}$$

$$\sigma_{\bar{J}} = \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}}$$

Costante di joule: $3.39 \pm 0.11 \text{ J cal}^{-1}$

5.4 PARTE D:

ricaviamo il valore del calore latente di fusione del ghiaccio λ considerando gli errori su m_e , T_e , T_a :

$$\lambda = \frac{c_a(m_a + m_e)(T_a - T_e) - c_g m_g(T_0 - T_g) - c_a m_g(T_e - T_0)}{m_g}$$

calore latente λ : $460 \pm 25 \text{ kJ kg}^{-1}$

6 Discussione dei risultati ottenuti

6.1 Parte A:

Il calorimetro usato e i suoi componenti assorbono tanto calore quanto $14 \pm 7 \text{ g}$ di acqua. Possiamo concludere che il calore assorbito dall'equivalente di 14 g di acqua (su 200 g) non influisca drasticamente sulle misurazioni.

6.2 Parte B:

Di seguito la tabella dei valori dei calori specifici ottenuti comparati ai valori attesi (valori espressi in $\text{J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$):

metallo	misurato	atteso
rame	354 ± 66	387
ottone	319 ± 69	377
alluminio	843 ± 214	880

Le misure rientrano entro 1σ di errore, i valori ottenuti confermano le ipotesi

6.3 Parte C:

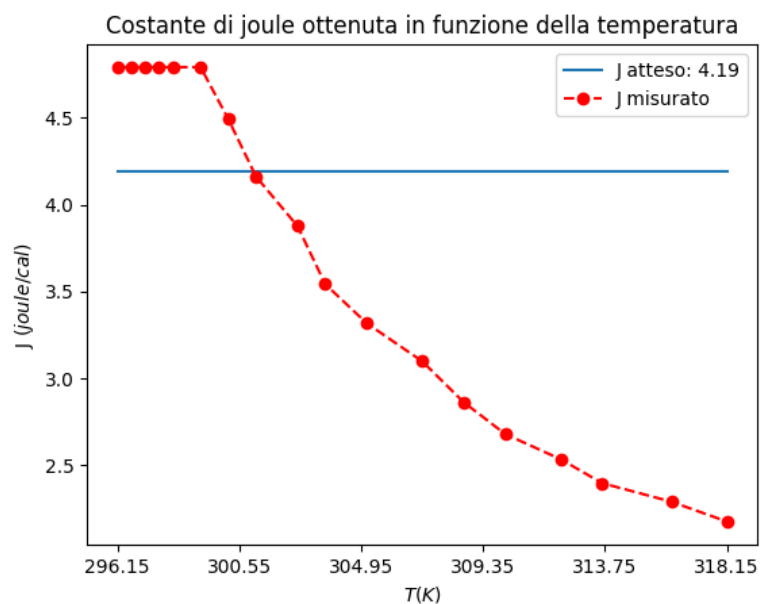
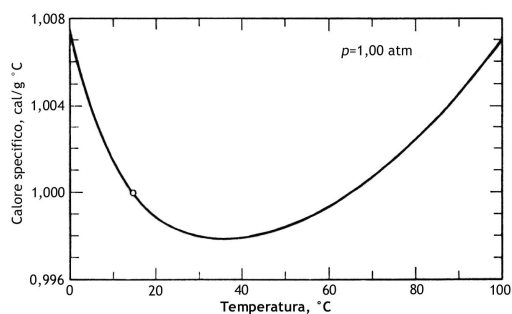
Il valore della costante di Joule ottenuto dall'interpolazione della retta risulta essere $2.86 \pm 0.21 \text{ J cal}^{-1}$ e quindi non compatibile con il valore atteso 4.19 J cal^{-1} .

I punti non seguono l'andamento di una retta e son meglio approssimati da una parabola, la relazione $T \propto t$ non è verificata.

Causa dell'errore sistematico avvenuto durante la raccolta dati è probabilmente la scarsa miscelazione dell'acqua, è possibile che nella regione più vicina alla resistenza l'acqua si sia riscaldata localmente falsando i dati.

Dobbiamo inoltre escludere che il liquido si sia miscelato spontaneamente tramite moti convettivi in quanto la resistenza non era posta alla base.

Il valore del calore specifico a pressione costante cresce quadraticamente con la temperatura, questo giustifica il valore decrescente della costante di joule.



6.4 PARTE D:

il calore latente di fusione del ghiaccio ottenuto è $\lambda: 460 \pm 25 \text{ kJ kg}^{-1}$. Il valore atteso è 334 kJ kg^{-1} distante più di 2σ dal valore misurato. Possibile causa di un errore sistematico può essere la temperatura del ghiaccio non verificata prima di essere immersa nel calorimetro e di conseguenza una sottostima dell'incertezza.