

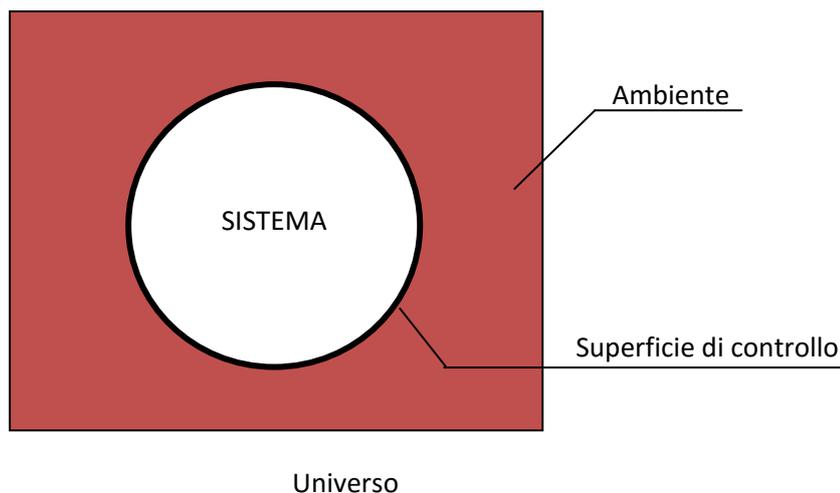
Relazione di laboratorio

Rinallo Edoardo

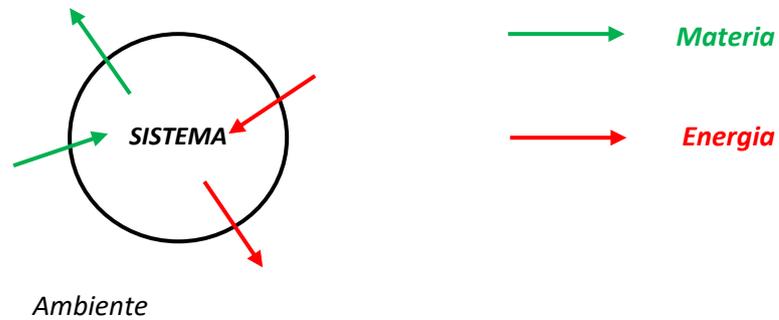
Titolo: La Termologia**Obiettivo:** Determinare sperimentalmente la misura del calore specifico di alcune sostanze**Richiami teorici:**

- **Definizioni:**

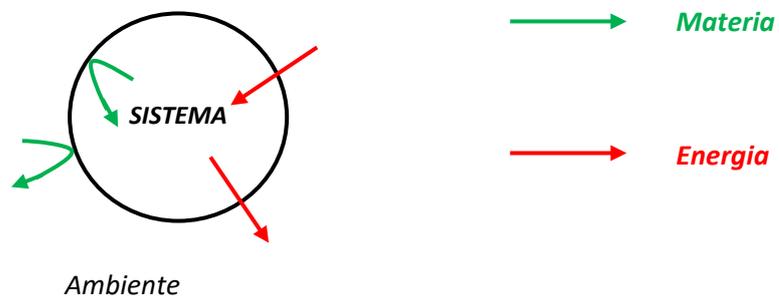
- **Temperatura:** Grandezza fisica fondamentale espressa in Kelvin (K), misurata con il termometro. Fornisce la misura dello stato termico di un corpo e di conseguenza la capacità del corpo stesso di scambiare calore con altri corpi o con l'ambiente.
- **Termometro:** strumento che permette di misurare quantitativamente lo stato termico di un corpo, vale a dire la sua temperatura.
- **Calore:** Forma di energia che si trasferisce da un corpo (o da un sistema) a un altro corpo (o sistema) nel caso in cui tra essi sussista una differenza di temperatura. Può inoltre trasformarsi in altre forme di energia.
- **Lavoro:** trasferimento di energia tra due sistemi attraverso l'azione di una forza o una risultante di forze quando l'oggetto subisce uno spostamento e la forza ha una componente non nulla nella direzione dello spostamento.
- **Sistema Termodinamico:** porzione dell'universo, delimitata da una superficie di controllo (detto anche *confine* o *parete*), oggetto dell'indagine scientifica. Quanto non è compreso nel sistema viene indicato con il termine *ambiente* ed è considerato solo per i suoi effetti sul sistema. La distinzione tra sistema e ambiente è solitamente stabilita liberamente dallo sperimentatore ed in generale ha l'obiettivo di selezionare alcuni aspetti di un fenomeno fisico allo scopo di semplificarne l'analisi. Un sistema termodinamico può essere sede di trasformazioni interne e scambi di materia e/o di energia con l'ambiente esterno (ovvero tutto ciò di esterno al sistema che interagisce con esso). Esistono tre tipi principali di sistemi termodinamici:



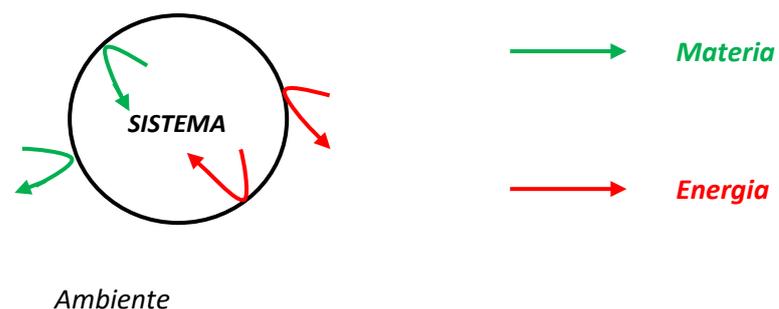
- **Sistema aperto:** sistema che consente un scambio con l'ambiente esterno, sia di massa sia di energia (tramite calore e/o lavoro), attraverso il suo confine.
Esempio: Una bottiglia d'acqua senza tappo → può scambiare con l'ambiente esterno, infatti, sia energia che materia.



- **Sistema chiuso:** sistema che consente uno scambio di energia con l'ambiente esterno, attraverso il suo confine, (tramite calore e/o lavoro), ma non di materia.
Esempio: Una bottiglia tappata → può cedere o assorbire calore dall'ambiente ma non può cedere o assorbire materia;

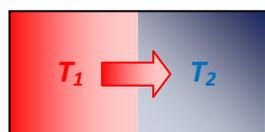


- **Sistema isolato:** sistema che non può scambiare con l'esterno né materia né energia. Un sistema isolato è un concetto puramente teorico in quanto qualsiasi sistema scambia, anche se con velocità molto basse, energia con l'ambiente.
Esempio: Viene considerato sistema isolato solo l'universo. Tuttavia anche un termos, per un tempo limitato può essere considerato un sistema isolato.



- **Termologia:** Branca della fisica che si interessa di studiare i fenomeni termici, ovvero quei fenomeni in cui hanno una grande importanza la temperatura e il calore.
- **Termodinamica:** branca della fisica che studia e descrive le trasformazioni, dette trasformazioni termodinamiche, subite da un sistema fisico, detto sistema termodinamico, in seguito a processi che coinvolgono la trasformazione di massa ed energia. Lo stato di un sistema che si trova in condizione di equilibrio è specificato da grandezze dette *variabili termodinamiche* (o *funzioni di stato*) come temperatura, pressione, volume e composizione chimica.
- **Calore Specifico:** quantità di energia termica(calore) necessaria per innalzare (o diminuire) la temperatura di una unità di massa di 1 K (o equivalentemente di 1 °C).
- **Principio di conservazione dell'energia:** È una delle più importanti leggi di conservazione osservata nella natura. Nella sua forma più studiata e intuitiva questa legge afferma che, sebbene l'energia possa essere trasformata e convertita da una forma all'altra, la quantità *totale* di essa in un sistema isolato non varia nel tempo. Dunque, ad esempio nel caso del calorimetro, l'energia persa da un corpo deve essere uguale a quella acquistata dall'acqua.
- **Trasmissione del calore (o scambio termico):** trasferimento di energia termica (ovvero calore) tra due sistemi, causato da una differenza di temperatura tra i due sistemi in questione. Se durante tale processo non viene prodotto calore, il calore ceduto da un sistema viene acquistato dal secondo sistema, in accordo con la legge di conservazione dell'energia. La trasmissione del calore può avvenire secondo tre modalità:
 - **Conduzione:** trasmissione di calore che avviene in un mezzo solido, liquido o aeriforme dalle zone a temperatura maggiore verso quelle con temperatura minore. Può anche avvenire tra due corpi, con differenti temperature, che si trovano a contatto;

Legenda:

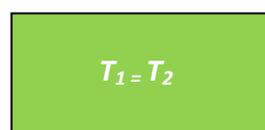


*Trasferimento di calore
in atto*

T_1 = Temperatura della parte calda del corpo

T_2 = Temperatura della parte più fredda del corpo

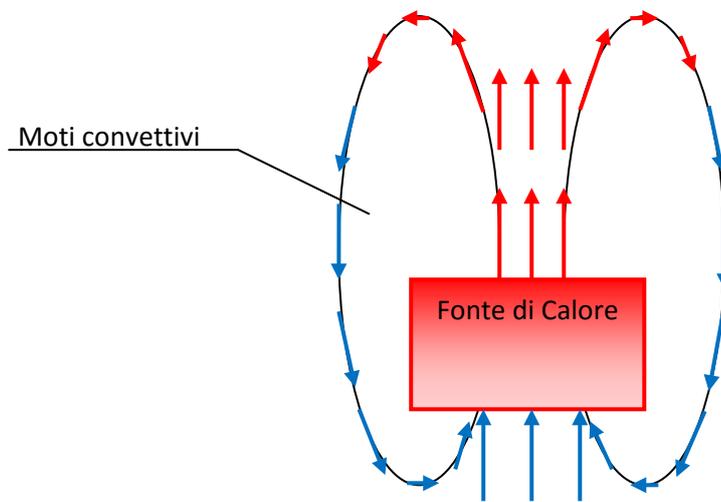
Vi è una differenza di temperatura all'interno del corpo, dunque avviene un trasferimento di calore, volto ad equilibrare la temperatura del corpo stesso.



*Trasferimento calore
cessato*

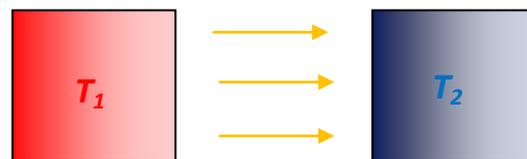
$T_1 = T_2 = T_e$ Le temperature si sono equilibrate, dunque il trasferimento di calore cessa.

- **Convezione:** trasmissione di calore tra una superficie e un fluido in movimento, i quali si trovano a temperature differenti.



Il fluido che si riscalda a contatto con la superficie, diventando più leggero, si muove verso l'alto e quello freddo, invece, scende verso il basso, formando un moto circolare detto moto convettivo. Il fenomeno cesserà quando sia la superficie sia il fluido raggiungeranno la stessa temperatura.

- **Irraggiamento:** Trasmissione di calore tra due superfici a differente temperatura, tramite emissione di energia sotto forma di onde elettromagnetiche;



Legenda:

→ Onde elettromagnetiche

T_1 = Temperatura di un corpo

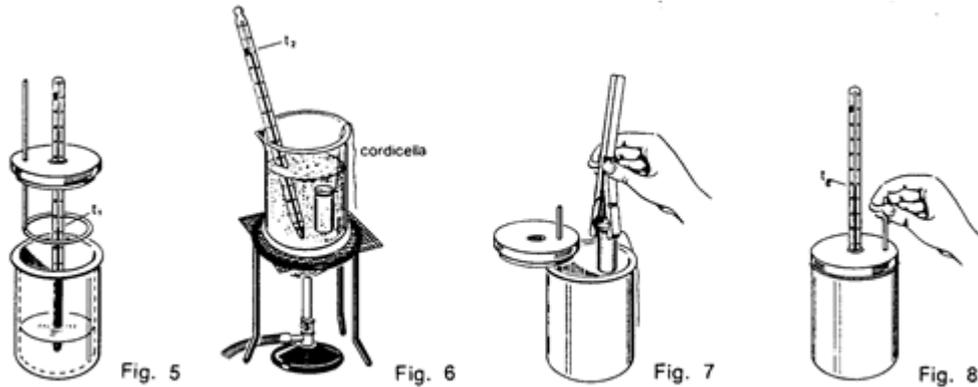
T_2 = Temperatura di un corpo

➤ **Calorimetro ad acqua:** Il calorimetro delle mescolanze (o ad acqua, o di Regnault) è costituito da:

- **vaso di Dewar:** Tipicamente è un contenitore di vetro, metallo o plastica con una cavità e la regione tra le pareti esterne e quelle interne è sotto vuoto consentendo un isolamento termico tra il contenuto e l'ambiente. Il vuoto è usato solo per l'isolamento termico, il contenuto non è sotto vuoto. Il vuoto non può condurre calore per conduzione o convezione, ma può condurre solo per irraggiamento. La perdita per irraggiamento può essere minimizzata applicando un rivestimento riflettente sulle superfici: Dewar usava l'argento. Il materiale contenuto raggiunge l'equilibrio termico con le pareti interne; le pareti sono sottili, con bassa capacità termica, quindi non possono scambiare molto calore con il contenuto, modificando di poco la sua temperatura. Il vaso di Dewar prende il nome dal suo inventore, il fisico e chimico James Dewar;

- un termometro: per misurare la temperatura di equilibrio (T_e).
- agitatore.

Il calore specifico della sostanza viene poi calcolato grazie alla formula inversa dell'equazione fondamentale della calorimetria. Tuttavia a causa della non nulla capacità termica del calorimetro è necessario introdurre un fattore di correzione chiamato *equivalente in acqua* del calorimetro, che tenga conto del calore assorbito da esso durante la misura.



- **Formule:**

- **Equazione fondamentale della calorimetria:**

- $Q = m \cdot \Delta T \cdot Cs$

- $Cs = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$

- **Calore ceduto dal corpo:**

- $Q_{ceduto} = Cs_c \cdot m_c \cdot (T_c - T_e)$

- **Calore acquistato dall'acqua:**

- $Q_{acquistato} = Cs_{H_2O} \cdot m_{H_2O} \cdot (T_c - T_{H_2O})$

- **Calore specifico del corpo:**
- $Q_{ceduto} = Q_{acquistato} \rightarrow$ in accordo con il principio di conservazione dell'energia
- $C_{S_c} \cdot m_c \cdot (T_c - T_e) = C_{S_{H_2O}} \cdot (m_{H_2O} + m_e) \cdot (T_c - T_{H_2O})$
- $C_{S_c} = \frac{C_{S_{H_2O}} \cdot (m_{H_2O} + m_e) \cdot (T_e - T_{H_2O})}{m_c (T_c - T_e)}$

- **Massa equivalente in acqua del calorimetro (fattore di correzione):**
- $m_e = (18 \pm 1)g$

- **Errore sul calore specifico:**
- $\epsilon_{C_s} = \left(\frac{\epsilon m_{H_2O} + \epsilon m_e}{m_{H_2O} + m_e} + \frac{\epsilon T_e + \epsilon T_{H_2O}}{T_e - T_{H_2O}} + \frac{\epsilon m_c}{m_c} + \frac{\epsilon T_c + \epsilon T_e}{T_c - T_e} \right) \cdot C_s$

Strumenti di misura:

- Termometro del calorimetro (sensibilità: 0.1°C ; portata 150°C);
- Termometro per il corpo (sensibilità: 1°C ; portata 150°C);
- Calorimetro ad acqua;
- Bilancia digitale.

Materiale:

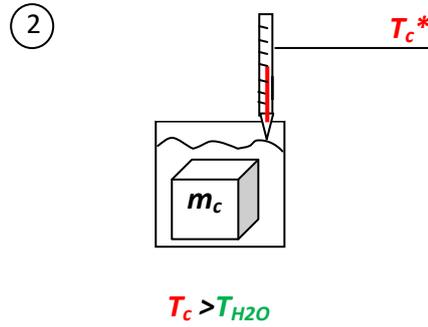
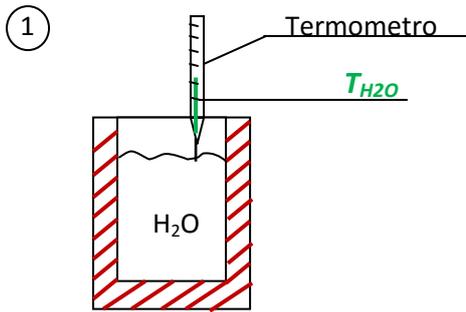
- 2 sostanze differenti;
- Fornello;
- Acqua.

Procedimento:

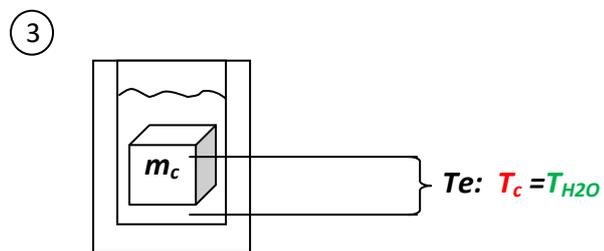
- 1) Predisporre l'attrezzatura ;
- 2) Misurare la temperatura iniziale dell'acqua (T_{H2O});
- 3) Misurare con l'ausilio di una bilancia digitale la massa dell'acqua (che durante l'esperienza varierà) e la massa del corpo (che durante l'esperienza, rimarrà fissa, essendo sempre lo stesso oggetto);
- 4) Accendere il fornello ed inserire l'acqua, portandola sino al punto di ebollizione;
- 5) Quando l'acqua avrà raggiunto il punto di ebollizione, inserire il corpo nel fornello, per far aumentare la temperatura del corpo stesso;
- 6) Misurare la temperatura dell'acqua in cui è immerso il corpo. Essendo il corpo immerso nell'acqua e, sfruttando la sosta termica relativa al passaggio di stato dell'acqua, la temperatura di quest'ultima sarà esattamente la stessa dell'oggetto immerso in essa (quindi T_c);
- 7) Trasferire il corpo dal fornello al calorimetro. Il corpo cederà il calore all'acqua, in accordo con il principio di conservazione dell'energia. In questa esperienza di laboratorio, considereremo, data la breve durata delle misurazioni, il calorimetro come un sistema totalmente isolato. Inoltre il suddetto strumento andrà a misurare la Temperatura di equilibrio (T_e)
 7. Bis) Bisogna, tuttavia, inserire un fattore di correzione nella formula del calore specifico, cioè la massa equivalente in acqua del calorimetro. Questo poiché, anche il calorimetro, seppure in maniera minore assorbe calore, quindi si considera, grazie a questo fattore, la massa del calorimetro come se fosse ulteriore acqua contenuta in esso;
- 8) A questo punto, si determina il calore specifico (c_s) e l'errore relativo al calore specifico (ϵ_{c_s}) tramite i calcoli e, confrontando i valori ottenuti con quelli presenti nelle tabelle del calore specifico di varie sostanze, determinare i due materiali usati durante l'esperienza.

N.B. In questa esperienza, si considera il calorimetro, come un sistema *isolato*, che quindi non può scambiare con l'esterno né materia né energia. Tuttavia, considerando che il calorimetro, nel corso dell'esperienza assorbe calore, introduciamo un *fattore di correzione*, cioè un fattore [pari a (18 ± 1) g] che vada a considerare proprio l'assorbimento di calore che avviene da parte del calorimetro. Questo fattore, considera la massa del calorimetro equivalente in acqua. Quindi nella formula del calore specifico, dove compare la dicitura m_{H2O} bisogna, non considerare solo la massa dell'acqua immessa nel calorimetro, bensì bisognerà sommare alla massa dell'acqua, anche il fattore di correzione.

Schema dello svolgimento dell'esperienza:



* Essendo il corpo immerso nell'acqua riscaldata, la temperatura dell'acqua sarà esattamente la stessa dell'oggetto immerso in essa.



Schema montaggio materiale:

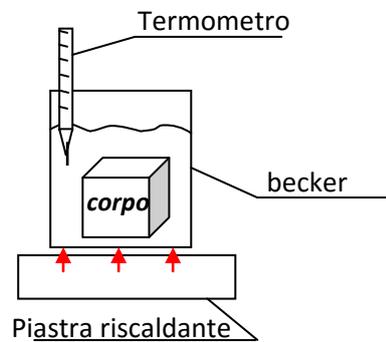
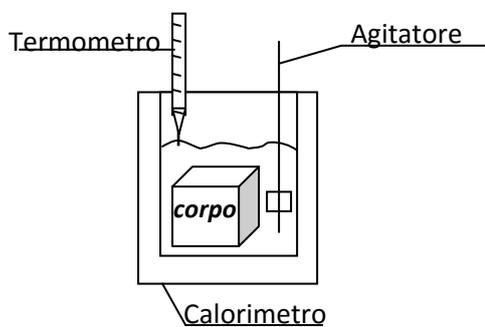


Tabella dati:

Grandezza	Simbolo	Unità di misura	Stessa Sostanza			Sostanza diversa
			Valore 1	Valore 2	Valore 3	Valore di confronto
Massa acqua	m_{H_2O}	$g \pm 2$	217	203	215	223
Temperatura acqua	T_{H_2O}	$^{\circ}C \pm 0.1$	20.2	20.0	19.8	19.2
Massa corpo	m_c	$g \pm 2$	100	100	100	99
Temperatura corpo	T_c	$^{\circ}C \pm 1$	99	99	99	100
Temperatura di equilibrio	T_e	$^{\circ}C \pm 0.1$	26.2	27.0	26.4	22.9

Elaborazione dei dati:

Formule da utilizzare (cfr. Richiami teorici – formule):

$$Cs_c = \frac{Cs_{H_2O} \cdot (m_{H_2O} + m_e) \cdot (T_e - T_{H_2O})}{m_c(T_c - T_e)}$$

$$\varepsilon Cs_s = \left(\frac{\varepsilon m_{H_2O} + \varepsilon m_e}{m_{H_2O} + m_e} + \frac{\varepsilon T_e + \varepsilon T_{H_2O}}{T_e - T_{H_2O}} + \frac{\varepsilon m_c}{m_c} + \frac{\varepsilon T_c + \varepsilon T_e}{T_c - T_e} \right) \cdot Cs$$

- Calcoli relativi alla prima misurazione:

$$- Cs_{c1} = \frac{4186 \frac{J}{Kg \cdot K} \cdot (217+18)g \cdot (26.2-20.2)^{\circ}C}{100g \cdot (99-26.2)^{\circ}C} = 810 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$- \varepsilon Cs_s = \left(\frac{(2+1)g}{(217+18)g} + \frac{(0.1+0.1)^{\circ}C}{(26.2-20.2)^{\circ}C} + \frac{2g}{100g} + \frac{(1.0+0.1)^{\circ}C}{(99-26.2)^{\circ}C} \right) \cdot 810 \frac{J}{Kg \cdot K} = 62 \frac{J}{Kg \cdot K} \approx 60 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$- Cs_{c1} = (810 \pm 60) \frac{J}{Kg \cdot K} = (81 \pm 6) \cdot 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

- Calcoli relativi alla seconda misurazione:

$$- C_{S_{c2}} = \frac{4186 \text{ J} \cdot (203+18) \text{ g} \cdot (27.0-20.0)^\circ \text{C}}{\text{Kg} \cdot \text{K} \cdot 100 \text{ g} \cdot (99-27.0)^\circ \text{C}} = 899 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \approx 900 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

$$- \epsilon_{C_S} = \left(\frac{(2+1) \text{ g}}{(203+18) \text{ g}} + \frac{(0.1+0.1)^\circ \text{C}}{(27.0-20.0)^\circ \text{C}} + \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} + \frac{(1.0+0.1)^\circ \text{C}}{(99-27.0)^\circ \text{C}} \right) \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = 69 \approx 70$$

$$- C_{S_{c2}} = (900 \pm 70) \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = (90 \pm 7) \cdot 10 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

- Calcoli relativi alla terza misurazione:

$$- C_{S_{c3}} = \frac{4186 \text{ J} \cdot (215+18) \text{ g} \cdot (26.4-19.8)^\circ \text{C}}{\text{Kg} \cdot \text{K} \cdot 100 \text{ g} \cdot (99-26.4)^\circ \text{C}} = 886 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \approx 890 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

$$- \epsilon_{C_S} = \left(\frac{(2+1) \text{ g}}{(215+18) \text{ g}} + \frac{(0.1+0.1)^\circ \text{C}}{(26.4-19.8)^\circ \text{C}} + \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} + \frac{(1.0+0.1)^\circ \text{C}}{(99-26.4)^\circ \text{C}} \right) \cdot 890 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = 67 \approx 70$$

$$- C_{S_{c3}} = (890 \pm 70) \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = (89 \pm 7) \cdot 10 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

• Calcoli relativi alla quarta misurazione(Sostanza differente):

$$- C_{S_{c4}} = \frac{4186 \text{ J} \cdot (223+18) \text{ g} \cdot (22.9-19.2)^\circ \text{C}}{\text{Kg} \cdot \text{K} \cdot 100 \text{ g} \cdot (100-22.9)^\circ \text{C}} = 484 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \approx 480 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

$$- \epsilon_{C_S} = \left(\frac{(2+1) \text{ g}}{(223+18) \text{ g}} + \frac{(0.1+0.1)^\circ \text{C}}{(22.9-19.2)^\circ \text{C}} + \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} + \frac{(1.0+0.1)^\circ \text{C}}{(100-22.9)^\circ \text{C}} \right) \cdot 480 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = 48 \approx 50$$

$$- C_{S_{c4}} = (480 \pm 50) \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} = (48 \pm 5) \cdot 10 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$$

Avendo ottenuto 3 diversi valori di Calore specifico (C_{s1} ; C_{s2} ; C_{s3}) per la stessa sostanza, per facilitare il confronto con i valori tabellari, si calcola la media dei vari valori di Calore specifico e l'errore si calcolerà come semidispersione massima(sDn).

$$\bar{C}_s = \frac{(C_{s1} + C_{s2} + C_{s3})}{3} = \frac{(810 + 900 + 890)}{3} \frac{J}{Kg \cdot K} = 866 \cong 870 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$sDn = \frac{Val\ max - Val\ min}{2} = \frac{900 - 810}{2} \frac{J}{Kg \cdot K} = 45 \cong 50 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

$$\bar{C}_s = (87 \pm 5) 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

Conclusioni:

Siamo riusciti a calcolare il Calore Specifico di 2 sostanze differenti, attraverso dati sperimentali, raccolti in laboratorio. I risultati ottenuti sono i seguenti:

- $\bar{C}_s = (87 \pm 5) 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$
- $C_{sAl} = (480 \pm 50) \frac{J}{Kg \cdot K} = (48 \pm 5) \cdot 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$

Confrontando inoltre i valori del calore specifico delle due sostanze, ottenuti tramite i calcoli, con i valori tabellari, e considerando gli errori calcolati, i valori delle due sostanze presentano un'affinità con i valori del calore specifico di Alluminio e Ferro. Rispettivamente:

- $\bar{C}_{sAl} = (87 \pm 5) 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$ $C_{sAl} = 896 \frac{J}{Kg \cdot K}$
- $C_{sAl} = (48 \pm 5) \cdot 10 \frac{J}{Kg \cdot K}$ $C_{sFe} = 450 \frac{J}{Kg \cdot K}$