




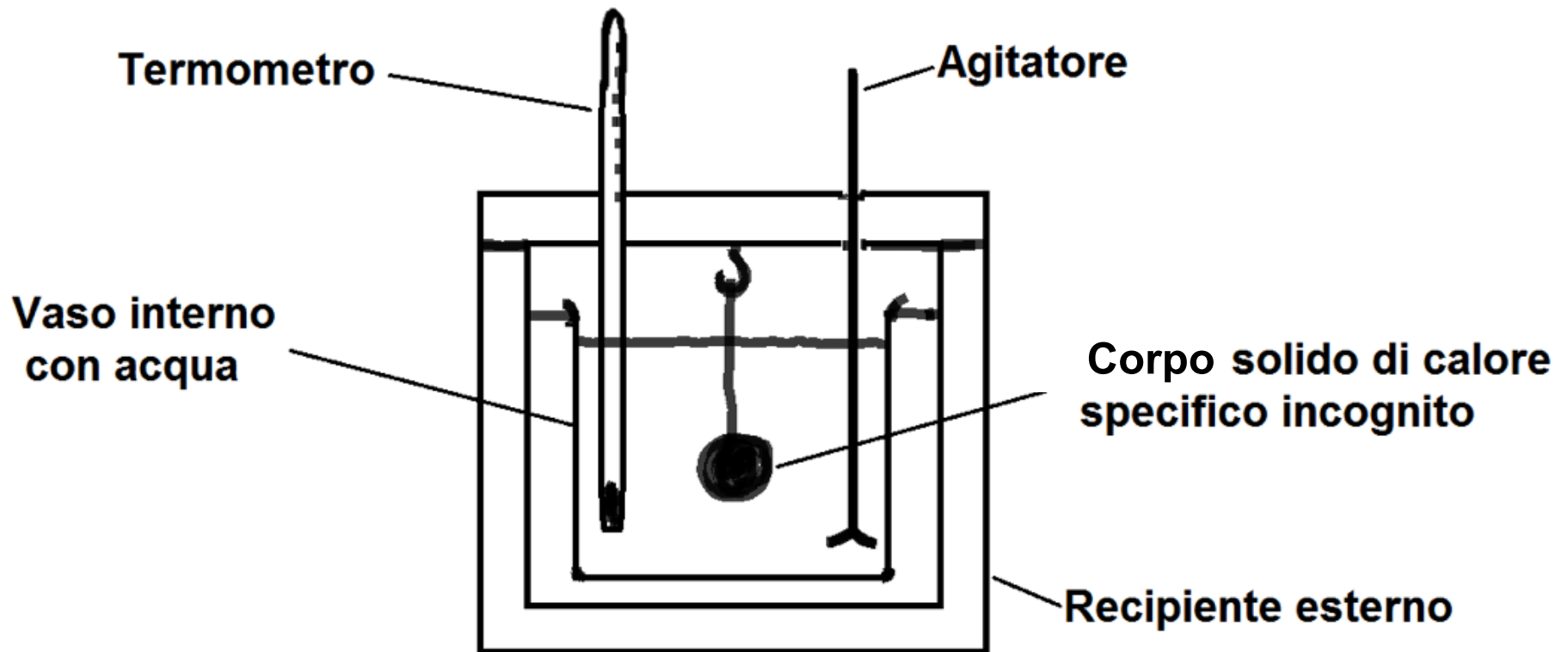
CALORIMETRO delle mescolanze

*Esperimentazioni I
a.a. 2023-2024*

OBIETTIVI

-  Tarare il calorimetro, ovvero determinare la **massa equivalente** del calorimetro **m_e**
-  Misurare il **calore specifico c_x** di un corpo solido
-  N.B.: L'intera procedura sarà eseguita **2 volte**: la prima sotto la guida del tutor, la seconda dopo aver effettuato una analisi preliminare dei risultati ottenuti

IL calorimetro

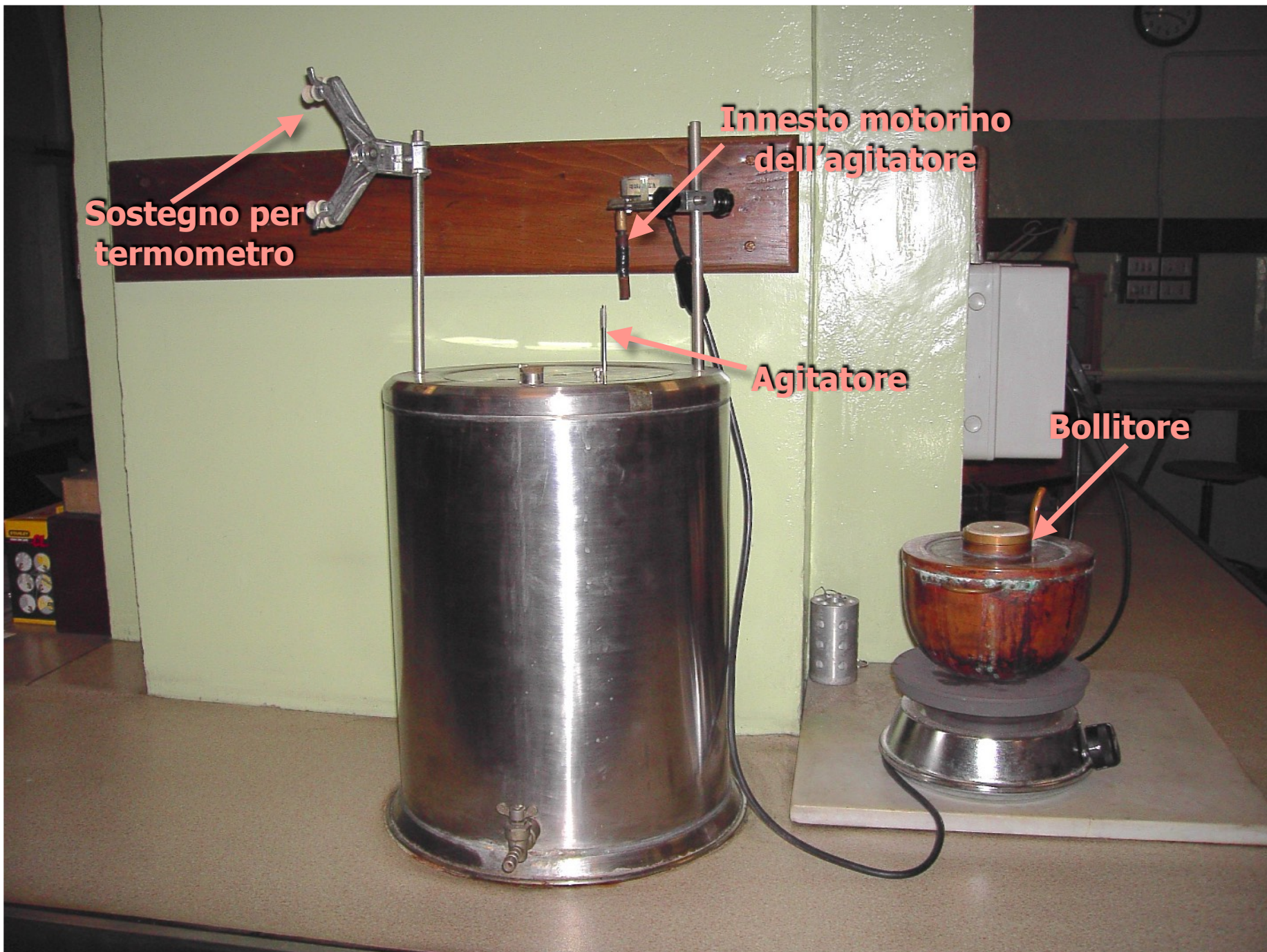


**Sostegno per
termometro**

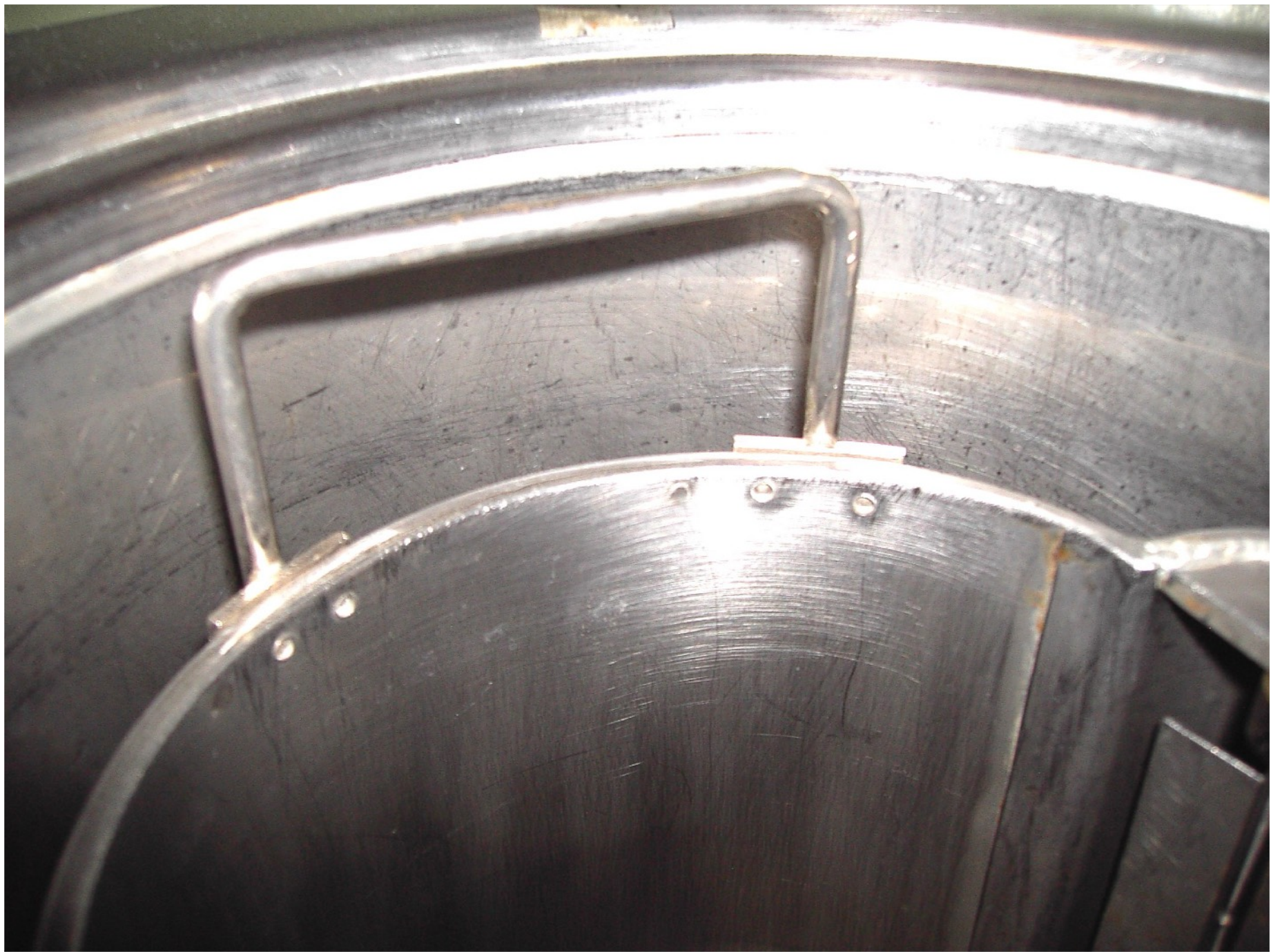
**Innesto motorino
dell'agitatore**

Agitatore

Bollitore

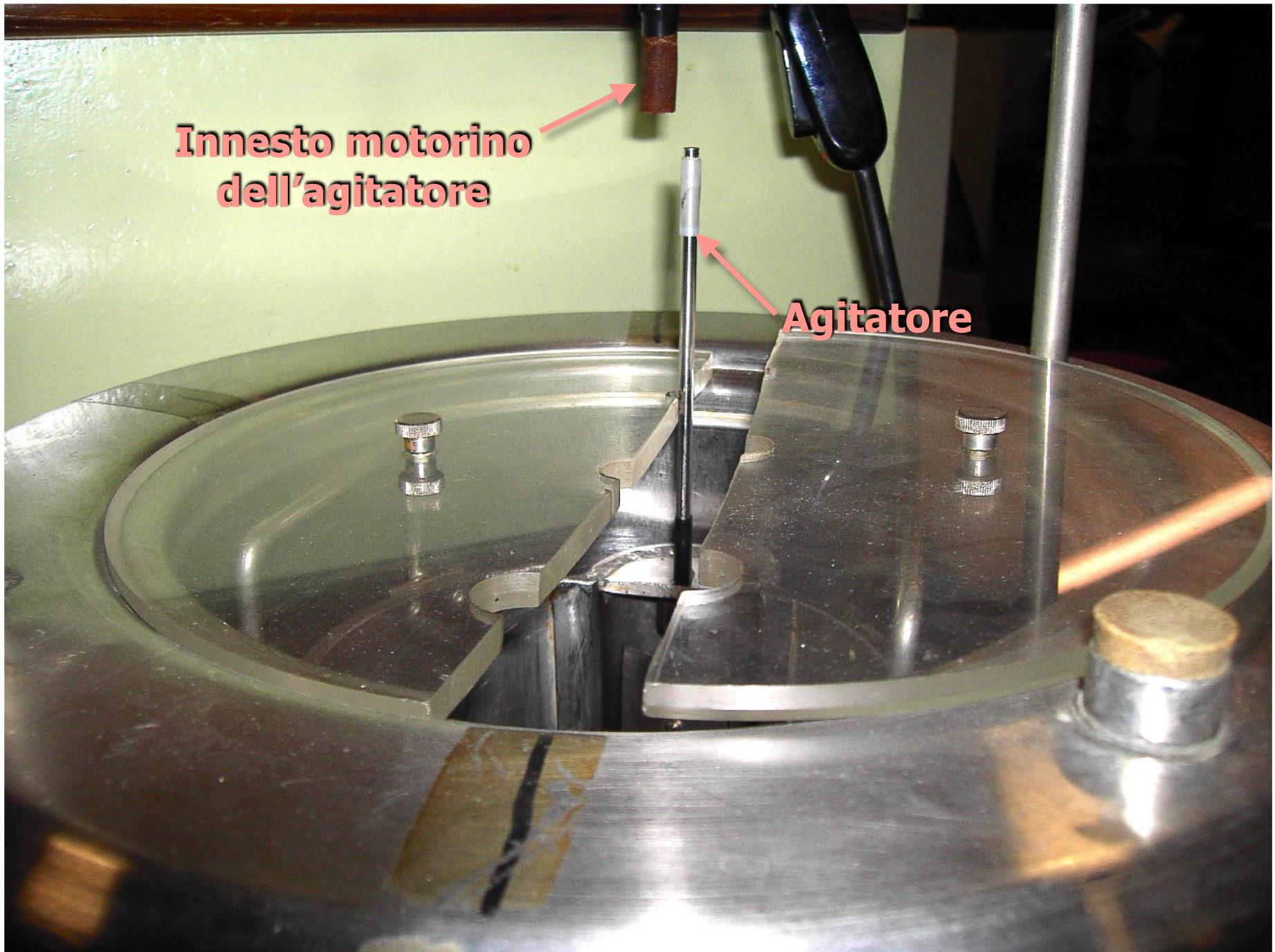






**Innesto motorino
dell'agitatore**

Agitatore





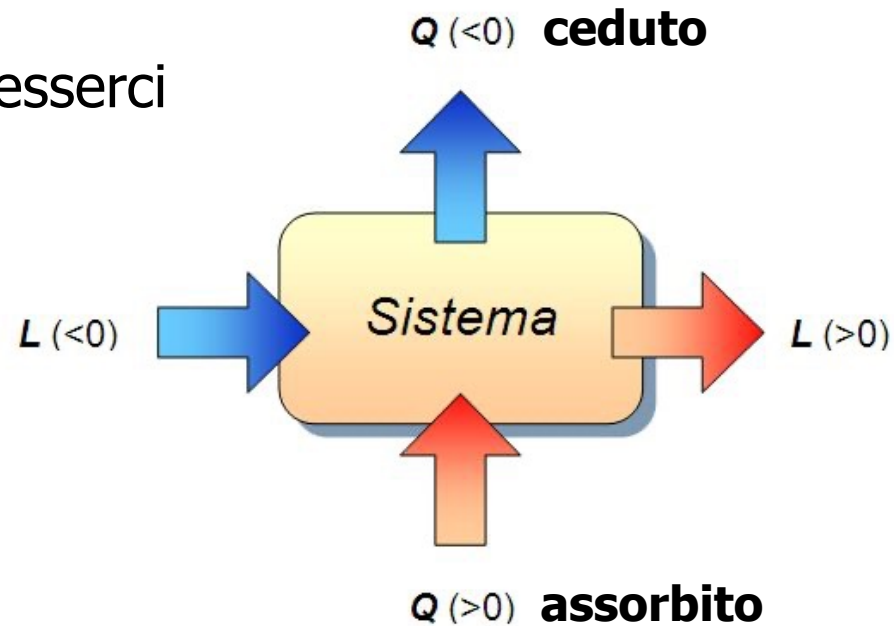
"Sistema calorimetro"

Fra sistema e ambiente possono esserci **scambi energetici** attraverso:

• **lavoro** (variazione di volume)

• **calore** scambiato

$$\Rightarrow \Delta U = Q - L$$



Quando **non** ci sono questi scambi, il sistema viene detto **isolato** e la quantità complessiva di energia resta costante

Ovvero: l'**energia interna** di un **sistema** termodinamico **isolato** è **costante** ($\Delta U = 0$)

IL principio 'zero'



Quando due corpi a temperatura diversa sono messi a contatto, il **calore passa naturalmente dal corpo più caldo a quello più freddo**, fino al raggiungimento dell'**equilibrio termico**




La **quantità di calore assorbita** dal corpo freddo è **uguale** alla **quantità di calore ceduta** dal corpo caldo:

$$\Rightarrow |Q_{\text{ced}}| = |Q_{\text{ass}}|$$

Legge fondamentale calorimetria

$$Q = C \Delta T = m c \Delta T$$

dove **C** è la **capacità termica** del corpo, **m** la sua massa, **c** il suo **calore specifico**, **ΔT** la variazione di T a seguito dell'assorbimento di una quantità di calore Q

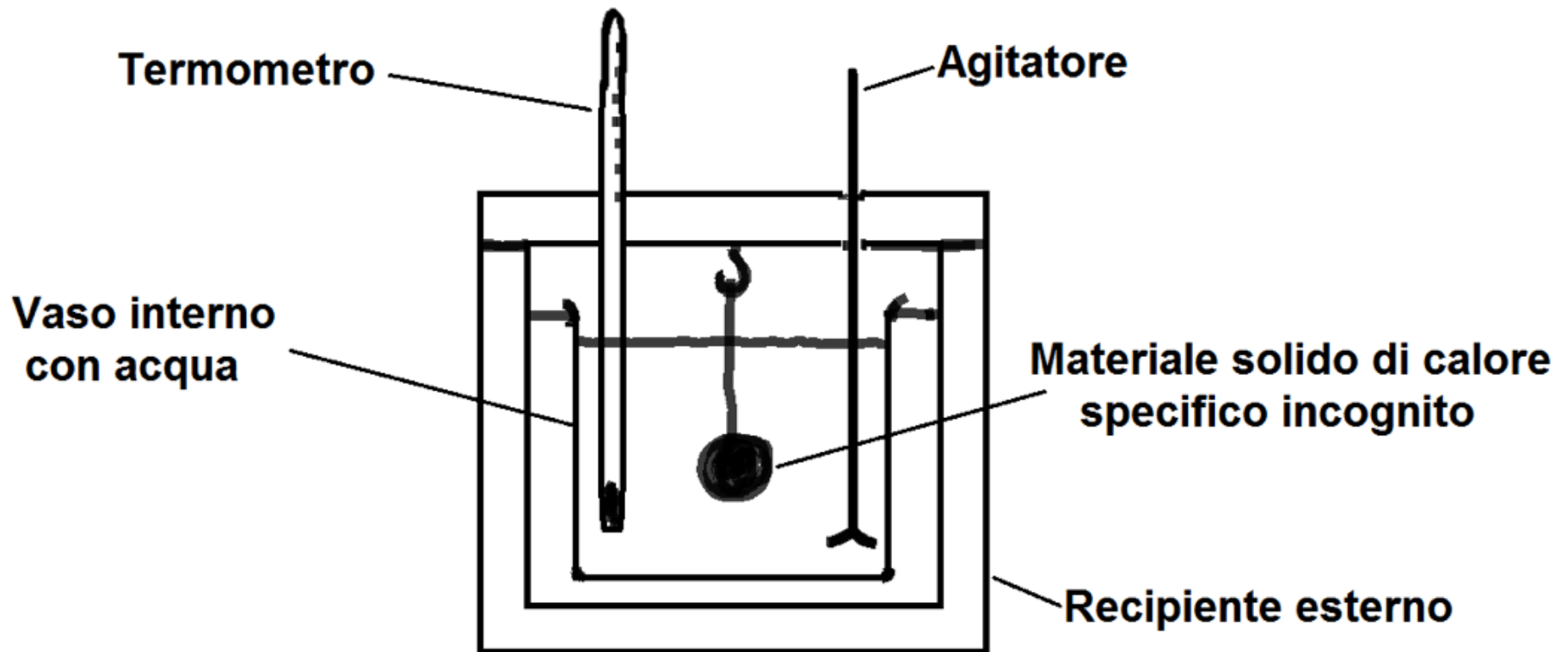
 La **capacità termica** in generale non dipende solo dalla natura e dalla massa del corpo, ma da tutta la trasformazione con cui avviene il passaggio dallo stato iniziale a quello finale (C_p e C_v)

 Per i corpi solidi però $C_p \approx C_v$

IL calore specifico

- 📌 In conseguenza ad un assorbimento di calore il corpo varia la sua temperatura
- 📌 Il calore specifico è il rapporto fra la **quantità di calore assorbito** e la **variazione di temperatura** dell'**unità di massa** del corpo
- 📌 E' una **caratteristica del materiale**
- 📌 Si misura in **[J K⁻¹ kg⁻¹]** oppure **[cal g⁻¹ °C⁻¹]**
 - 🕒 **1 cal** = quantità di calore che produce la variazione di un 1 °C (fra 14,5 e 15,5 °C) in 1 g di acqua

IL calorimetro



Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15\text{ }^\circ\text{C}$)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90\text{ }^\circ\text{C}$, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :

$$Q_{ced} = m_c c_x (T_e - T_2)$$

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15$ °C)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90$ °C, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :

$$Q_{ced} = m_c c_x (T_e - T_2)$$

$$Q_{ass} = \sum m_{cal} c_{cal} (T_e - T_1) + m_a c_a (T_e - T_1)$$

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15$ °C)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90$ °C, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :

$$Q_{ced} = m_c c_x (T_e - T_2)$$

$$Q_{ass} = \sum m_{cal} c_{cal} (T_e - T_1) + m_a c_a (T_e - T_1) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$$

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15\text{ }^\circ\text{C}$)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90\text{ }^\circ\text{C}$, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :

$$Q_{ced} = m_c c_x (T_e - T_2) \quad \rightarrow \quad Q_{ced} < 0$$

$$Q_{ass} = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1) \quad \rightarrow \quad Q_{ass} > 0$$

Elementi del sistema: calore assorbito e ceduto



Il sistema è composto:

- dal **calorimetro** (composto da tanti pezzi differenti) e dall'**acqua** che viene posta al suo interno, ambedue a temperatura **T_1** ($\sim 14-15$ °C)
- dal **corpo**, a temperatura iniziale **T_2** ($\sim 80-90$ °C, $> T_1$), che viene inserito nell'acqua del calorimetro



Nel contatto fra corpo (caldo) ed acqua (fredda) il calore passa dal corpo all'acqua ed **ambedue** si portano ad una temperatura **T_e** :


$$Q_{ced} = m_c c_x (T_e - T_2) \quad \rightarrow \quad Q_{ced} < 0$$

$$Q_{ass} = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1) \quad \rightarrow \quad Q_{ass} > 0$$



Assumendo che il sistema sia isolato: **$|Q_{ced}| = |Q_{ass}|$**


Grandezze note e incognite

 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$







Grandezze note e incognite

- 📌 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$
- 📌 L'equazione che descrive l'equilibrio energetico contiene:


Grandezze note e incognite

 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$








 L'equazione che descrive l'equilibrio energetico contiene:

-  alcune **grandezze note o misurabili**:
 -  le temperature iniziali **T₁** del calorimetro e dell'acqua
 -  la temperatura iniziale **T₂** del corpo
 -  la temperatura di equilibrio **T_e**
 -  la massa dell'acqua **m_a**
 -  il calore specifico dell'acqua: **c_a=1 cal g⁻¹ °C⁻¹**


Grandezze note e incognite

 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$

 L'equazione che descrive l'equilibrio energetico contiene:






-  alcune **grandezze note o misurabili**:
 -  le temperature iniziali **T₁** del calorimetro e dell'acqua
 -  la temperatura iniziale **T₂** del corpo
 -  la temperatura di equilibrio **T_e**
 -  la massa dell'acqua **m_a**
 -  il calore specifico dell'acqua: **c_a=1 cal g⁻¹ °C⁻¹**
-  e due **incognite**:

Grandezze note e incognite

 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$

 L'equazione che descrive l'equilibrio energetico contiene:


 alcune **grandezze note o misurabili**:

-  le temperature iniziali **T₁** del calorimetro e dell'acqua
-  la temperatura iniziale **T₂** del corpo
-  la temperatura di equilibrio **T_e**
-  la massa dell'acqua **m_a**
-  il calore specifico dell'acqua: **c_a = 1 cal g⁻¹ °C⁻¹**

 e due **incognite**:






-  il calore specifico del corpo **c_x**

Grandezze note e incognite



 $|Q_{ced}| = |Q_{ass}| \rightarrow m c_x (T_2 - T_e) = \left(\sum m_{cal} c_{cal} + m_a c_a \right) (T_e - T_1)$

 L'equazione che descrive l'equilibrio energetico contiene:

 alcune **grandezze note o misurabili**:

-  le temperature iniziali **T₁** del calorimetro e dell'acqua
-  la temperatura iniziale **T₂** del corpo
-  la temperatura di equilibrio **T_e**
-  la massa dell'acqua **m_a**
-  il calore specifico dell'acqua: **c_a = 1 cal g⁻¹ °C⁻¹**

 e due **incognite**:

-  il calore specifico del corpo **c_x**
-  la capacità termica del calorimetro **C_{cal} = Σ m_{cal} c_{cal}**

Capacità termica del calorimetro



Il calorimetro è composto di tanti pezzi diversi, anche come materiale → la **capacità termica del calorimetro** è la somma della capacità termica di tutti i pezzi di cui è composto...

Capacità termica del calorimetro



Il calorimetro è composto di tanti pezzi diversi, anche come materiale → la **capacità termica del calorimetro** è la somma della capacità termica di tutti i pezzi di cui è composto...



Per ricavare il valore di C_{cal} si ricorre all'uso della **"massa equivalente"**, ovvero la **quantità d'acqua m_e** che ha la **stessa capacità termica del calorimetro**:


$$C_{cal} = \sum m_{cal} c_{cal} = m_e c_a$$

Massa d'acqua equivalente

 Viene misurata in modo sperimentale


Massa d'acqua equivalente


 Viene misurata in modo sperimentale

 Si riparta da equilibrio energetico e si introduca m_e : $\sum m_{cal}c_{cal} = m_e c_a$
 $\rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$

Massa d'acqua equivalente


 Viene misurata in modo sperimentale


 Si riparta da equilibrio energetico e si introduca m_e : $\sum m_{cal}c_{cal} = m_e c_a$
 $\rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$

 Al posto del corpo uso una quantità nota d'acqua **m'_a** (~ 100 g) a temperatura **T'_2** ($\sim 60-70^\circ\text{C}$, $> T'_1$) \rightarrow l'unica incognita sarà **m_e** :

Massa d'acqua equivalente

 Viene misurata in modo sperimentale


 Si riparta da equilibrio energetico e si introduca m_e : $\sum m_{cal}c_{cal} = m_e c_a$
 $\rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$


 Al posto del corpo uso una quantità nota d'acqua $\mathbf{m'_a}$ (~ 100 g) a temperatura $\mathbf{T'_2}$ ($\sim 60-70^\circ\text{C}$, $> T'_1$) \rightarrow l'unica incognita sarà $\mathbf{m_e}$:

$$m'_a c_a (T'_2 - T'_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T'_e - T'_1)$$

Massa d'acqua equivalente

 Viene misurata in modo sperimentale

 Si riparta da equilibrio energetico e si introduca m_e : $\sum m_{cal}c_{cal} = m_e c_a$
 $\rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$


 Al posto del corpo uso una quantità nota d'acqua $\mathbf{m'_a}$ (~ 100 g) a temperatura $\mathbf{T'_2}$ ($\sim 60-70^\circ\text{C}$, $> T'_1$) \rightarrow l'unica incognita sarà $\mathbf{m_e}$:


$$m'_a c_a (T'_2 - T'_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T'_e - T'_1)$$

$$m_e (T'_e - T'_1) = m'_a (T'_2 - T'_e) - m_a (T'_e - T'_1)$$

Massa d'acqua equivalente

 Viene misurata in modo sperimentale

 Si riparta da equilibrio energetico e si introduca m_e : $\sum m_{cal}c_{cal} = m_e c_a$
 $\rightarrow m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$



 Al posto del corpo uso una quantità nota d'acqua $\mathbf{m'_a}$ (~ 100 g) a temperatura $\mathbf{T'_2}$ ($\sim 60-70^\circ\text{C}$, $> T'_1$) \rightarrow l'unica incognita sarà $\mathbf{m_e}$:

$$m'_a c_a (T'_2 - T'_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T'_e - T'_1)$$

$$m_e (T'_e - T'_1) = m'_a (T'_2 - T'_e) - m_a (T'_e - T'_1)$$

$$\rightarrow m_e = \frac{m'_a (T'_2 - T'_e)}{T'_e - T'_1} - m_a$$

Il calore specifico del corpo

-  Il valore della $m_e \cdot c_a$ sostituisce la capacità termica del calorimetro C_{cal} nel suo complesso
-  E' quindi possibile misurare sperimentalmente C_{cal} e delle due incognite iniziali resta solo il calore specifico del corpo c_x

IL calore specifico del corpo

- 📌 Il valore della $m_e \cdot c_a$ sostituisce la capacità termica del calorimetro C_{cal} nel suo complesso
- 📌 E' quindi possibile misurare sperimentalmente C_{cal} e delle due incognite iniziali resta solo il calore specifico del corpo c_x
- 📌 Una volta misurata m_e , è possibile calcolare c_x :

$$m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$$

IL calore specifico del corpo

- 📌 Il valore della $m_e \cdot c_a$ sostituisce la capacità termica del calorimetro C_{cal} nel suo complesso
- 📌 E' quindi possibile misurare sperimentalmente C_{cal} e delle due incognite iniziali resta solo il calore specifico del corpo c_x
- 📌 Una volta misurata m_e , è possibile calcolare c_x :

$$m_c c_x (T_2 - T_e) = (m_e c_a + m_a c_a) (T_e - T_1)$$

$$c_x = \frac{(m_e + m_a) c_a (T_e - T_1)}{m_c (T_2 - T_e)}$$

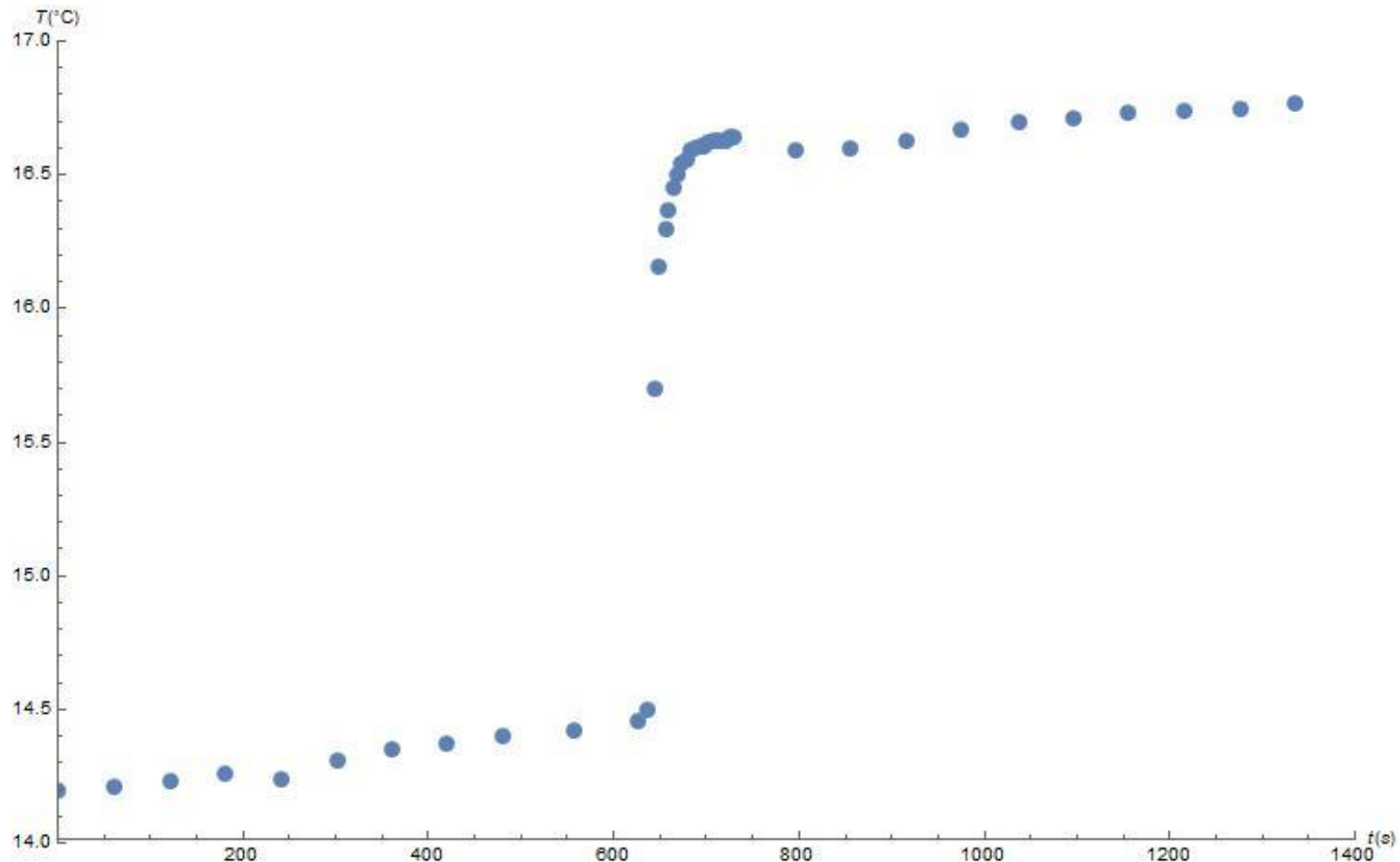
Dati sperimentali immersione oggetto

n	t (s) ($\pm \dots$ s)	T (°C) ($\pm 0,01$ °C)
1	0 misurazioni ogni minuto	14,20
2	60	14,21
3	120	14,23
4	180	14,26
5	241	14,24
6	301	14,31
7	360	14,35
8	420	14,37
9	480	14,40
10	557	14,42
11	626 t_0 (istante precedente all'inserimento dell'oggetto)	14,46 T_1
12	637 misurazioni ogni 5 s	14,50
13	644	15,70
14	649	16,16
15	655	16,30
16	658	16,37
17	663	16,45
18	668	16,50
19	673	16,54
20	678	16,56
21	682	16,59
22	687	16,60
23	692	16,61
24	696	16,61
25	701	16,62
26	706	16,63
27	711	16,63
28	715	16,63
29	721	16,63
30	725	16,64
31	729 misurazioni ogni minuto	16,64
32	796	16,59
33	855	16,60
34	915	16,63
35	974	16,67

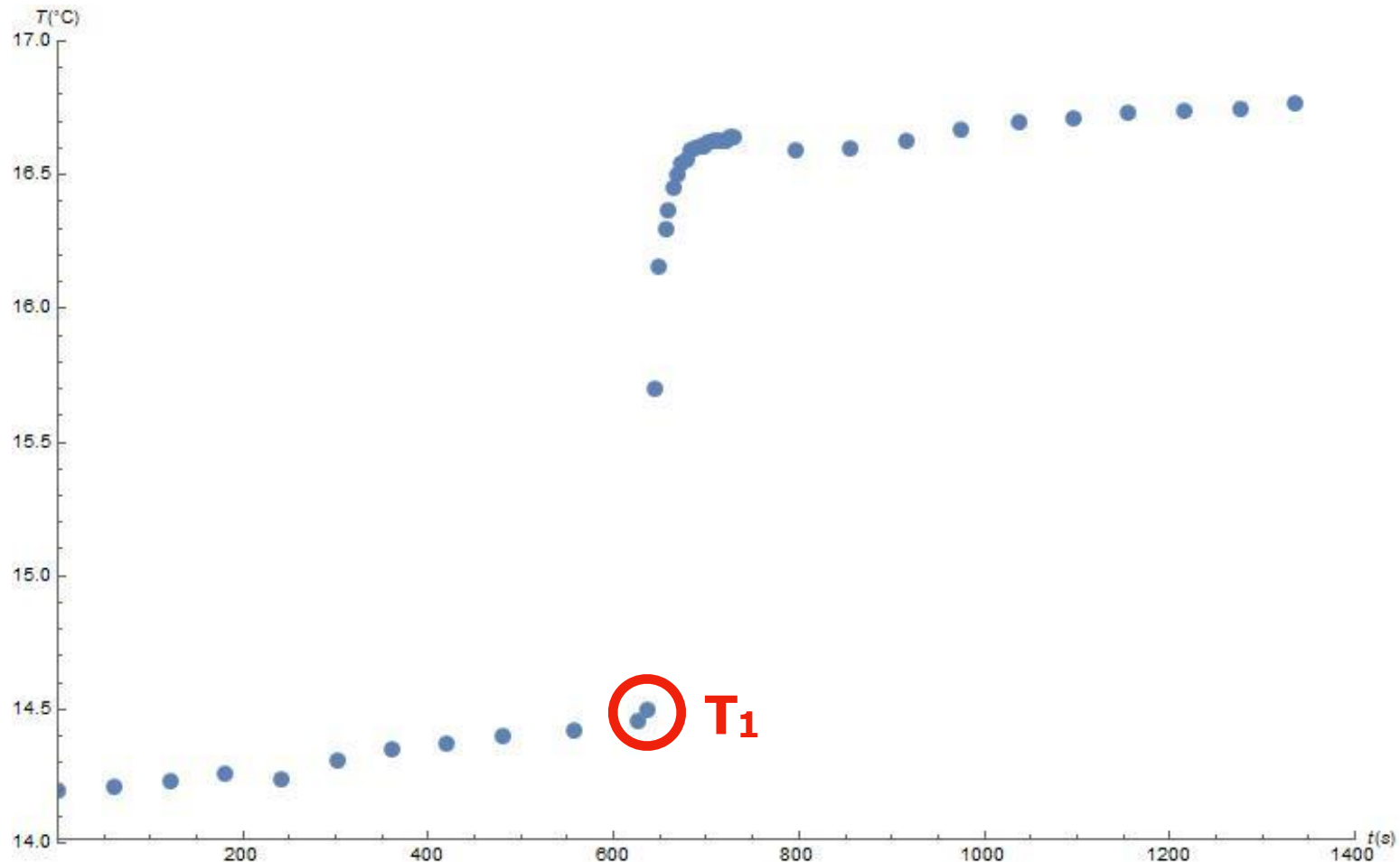
Dati sperimentali immersione oggetto

n	t (s) ($\pm \dots$ s)	T (°C) ($\pm 0,01$ °C)
1	0 misurazioni ogni minuto	14,20
2	60	14,21
3	120	14,23
4	180	14,26
5	241	14,24
6	301	14,31
7	360	14,35
8	420	14,37
9	480	14,40
10	557	14,42
11	626 t_0 (istante precedente all'inserimento dell'oggetto)	14,4 T_1
12	637 misurazioni ogni 5 s	14,50
13	644	15,70
14	649	16,16
15	655	16,30
16	658	16,37
17	663	16,45
18	668	16,50
19	673	16,54
20	678	16,56
21	682	16,59
22	687	16,60
23	692	16,61
24	696	16,61
25	701	16,62
26	706	16,63
27	711	16,63
28	715	16,63
29	721	16,63
30	725	16,64
31	729 misurazioni ogni minuto	16,64
32	796	16,59
33	855	16,60
34	915	16,63
35	974	16,67

Dati sperimentali immersione oggetto



Dati sperimentali immersione oggetto



Dati sperimentali

immersione massa di acqua calda

n	t (s) ($\pm \dots$ s)	T ($^{\circ}\text{C}$) ($\pm 0,01$ $^{\circ}\text{C}$)
1	0 misurazioni ogni minuto	16,99
2	61	16,97
3	120	16,99
4	180	17,00
5	240	17,01
6	300	17,03
7	360	17,09
8	420	17,10
9	480	17,11
10	540	17,12
11	600 t_0 (istante precedente all'inserimento dell'acqua)	17,13 T_1^*
12	695 misurazioni ogni 5 s	17,55
13	702	18,15
14	706	18,25
15	710	18,37
16	716	18,42
17	720	18,43
18	725	18,43
19	730	18,45
20	735	18,45
21	740	18,46
22	745	18,46
23	750	18,47
24	755	18,47
25	760	18,47
26	765	18,47
27	770	18,47
28	775	18,47
29	780 misurazioni ogni minuto	18,47
30	840	18,48
31	900	18,49
32	960	18,49
33	1020	18,50
34	1080	18,51
35	1140	18,51
36	1200	18,52
37	1260	18,53

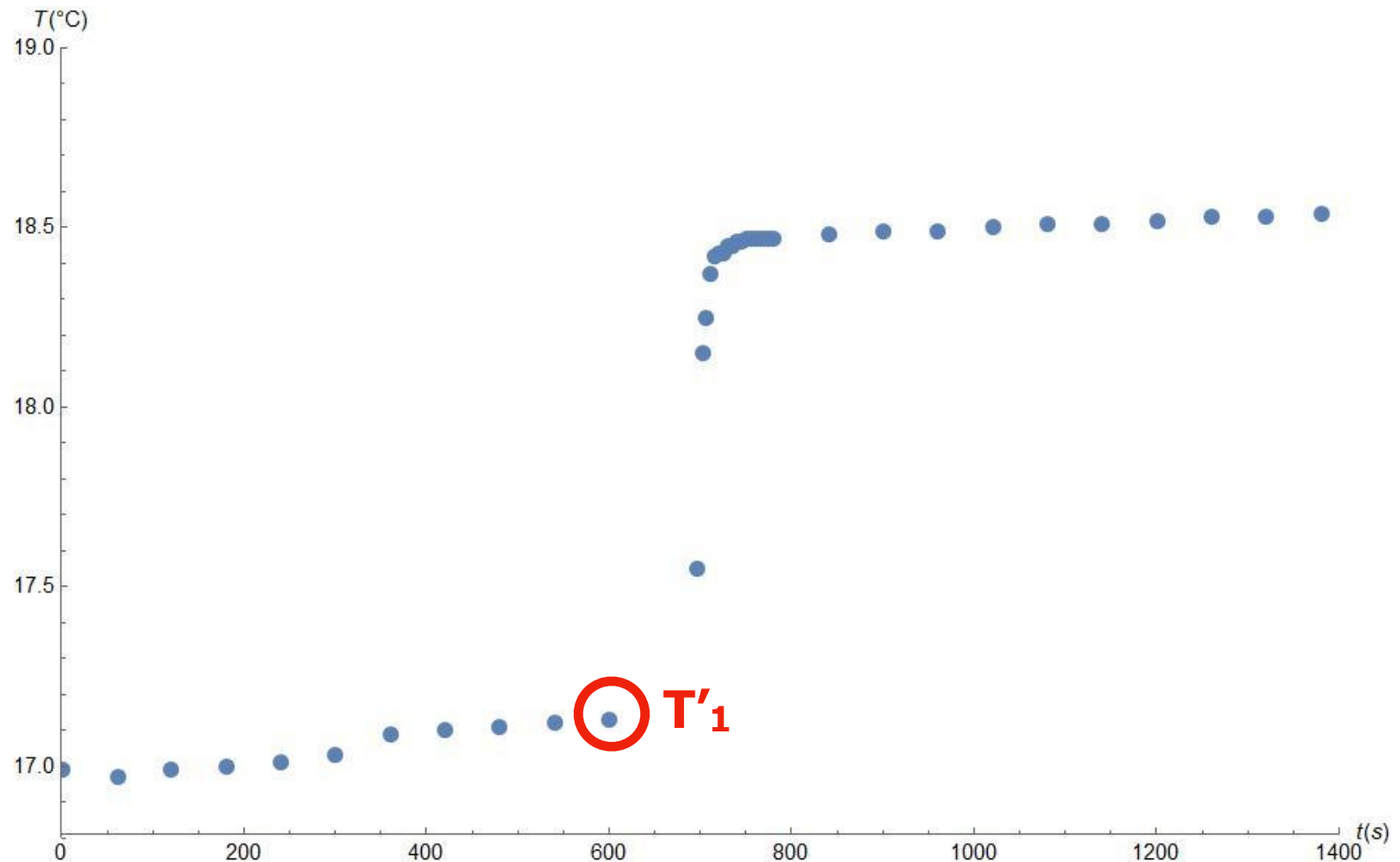
Dati sperimentali

immersione massa di acqua calda

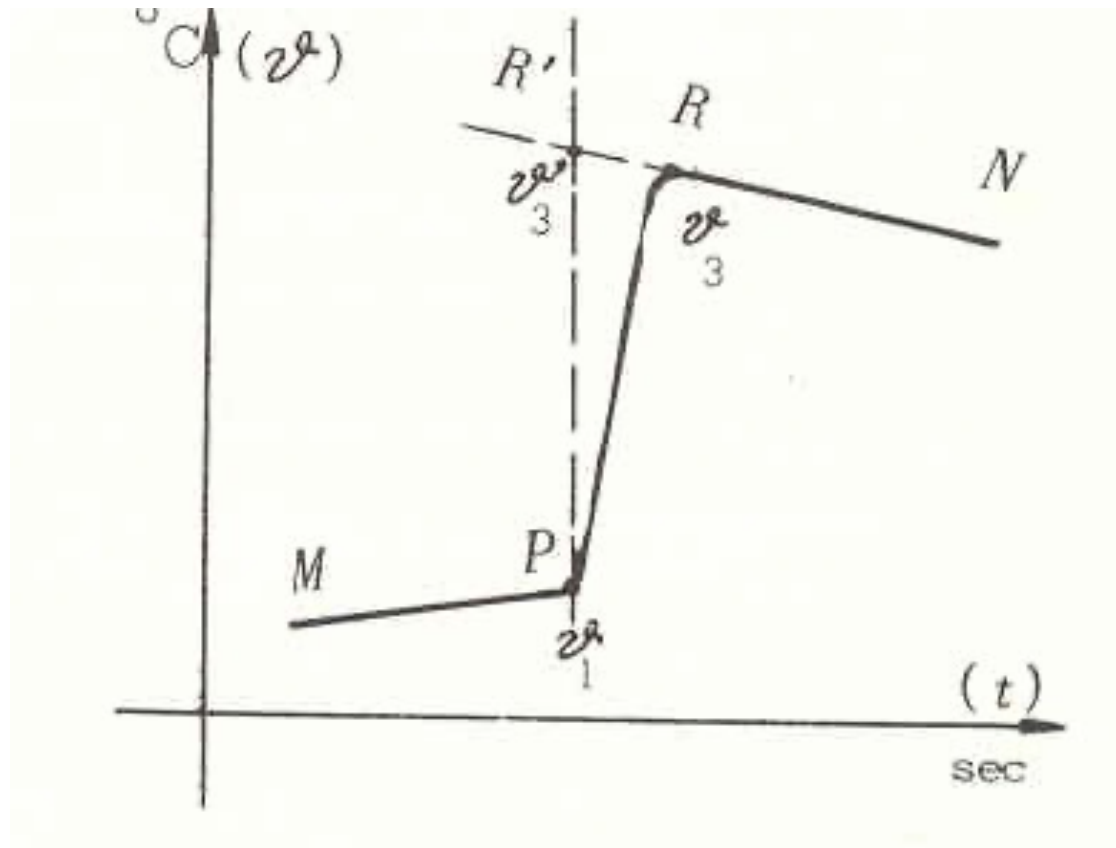
n	t (s) ($\pm \dots$ s)	T ($^{\circ}\text{C}$) ($\pm 0,01$ $^{\circ}\text{C}$)
1	0 misurazioni ogni minuto	16,99
2	61	16,97
3	120	16,99
4	180	17,00
5	240	17,01
6	300	17,03
7	360	17,09
8	420	17,10
9	480	17,11
10	540	17,12
11	600 t_0 (istante precedente all'inserimento dell'acqua)	17,1 T_1^*
12	695 misurazioni ogni 5 s	17,55
13	702	18,15
14	706	18,25
15	710	18,37
16	716	18,42
17	720	18,43
18	725	18,43
19	730	18,45
20	735	18,45
21	740	18,46
22	745	18,46
23	750	18,47
24	755	18,47
25	760	18,47
26	765	18,47
27	770	18,47
28	775	18,47
29	780 misurazioni ogni minuto	18,47
30	840	18,48
31	900	18,49
32	960	18,49
33	1020	18,50
34	1080	18,51
35	1140	18,51
36	1200	18,52
37	1260	18,53

Dati sperimentali

immersione massa di acqua calda



Come determinare T_e correzione per tempi brevi



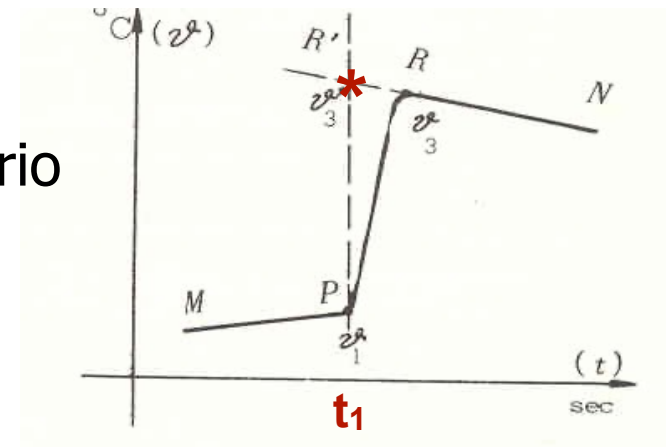
Come determinare T_e correzione per tempi brevi



La temperatura di equilibrio T_e viene ricavata dal fit dei dati sperimentali



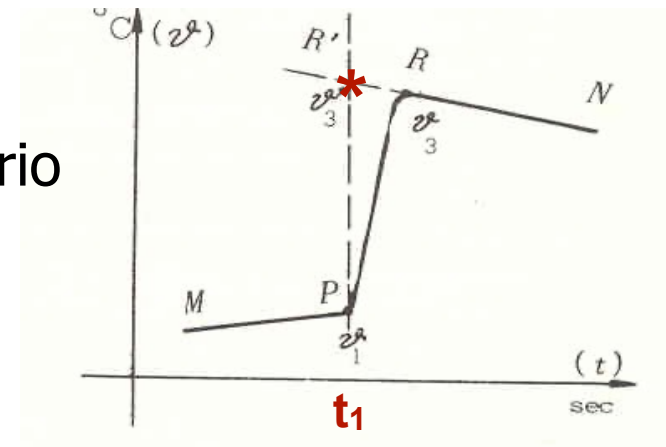
E' l'**intersezione** tra il fit di $T(t)$ dopo il raggiungimento della situazione d'equilibrio e la retta $x=t_1$ (istante di inserimento corpo caldo)



Come determinare T_e correzione per tempi brevi

La temperatura di equilibrio T_e viene ricavata dal fit dei dati sperimentali

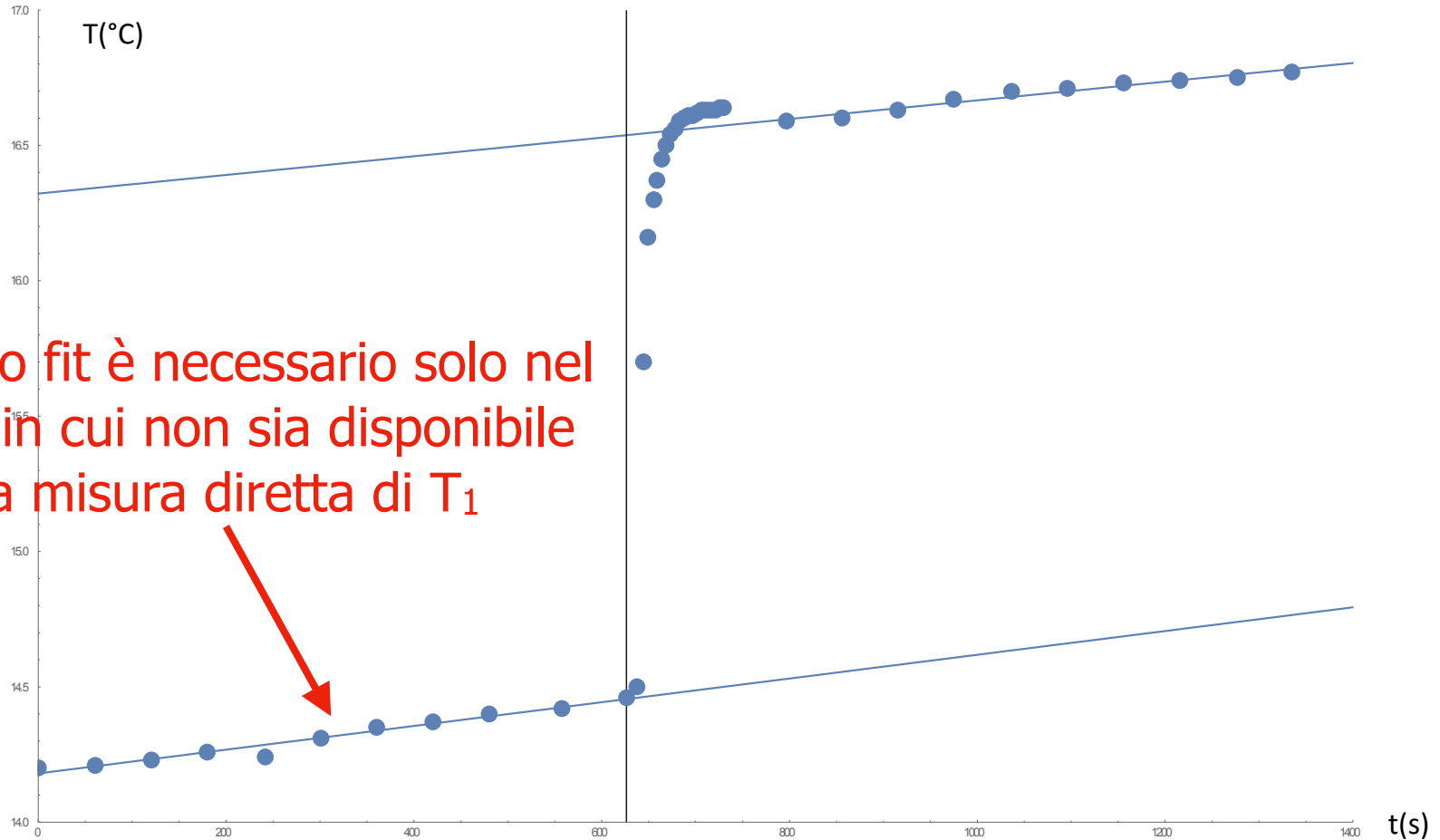
E' l'**intersezione** tra il fit di $T(t)$ dopo il raggiungimento della situazione d'equilibrio e la retta $x=t_1$ (istante di inserimento corpo caldo)



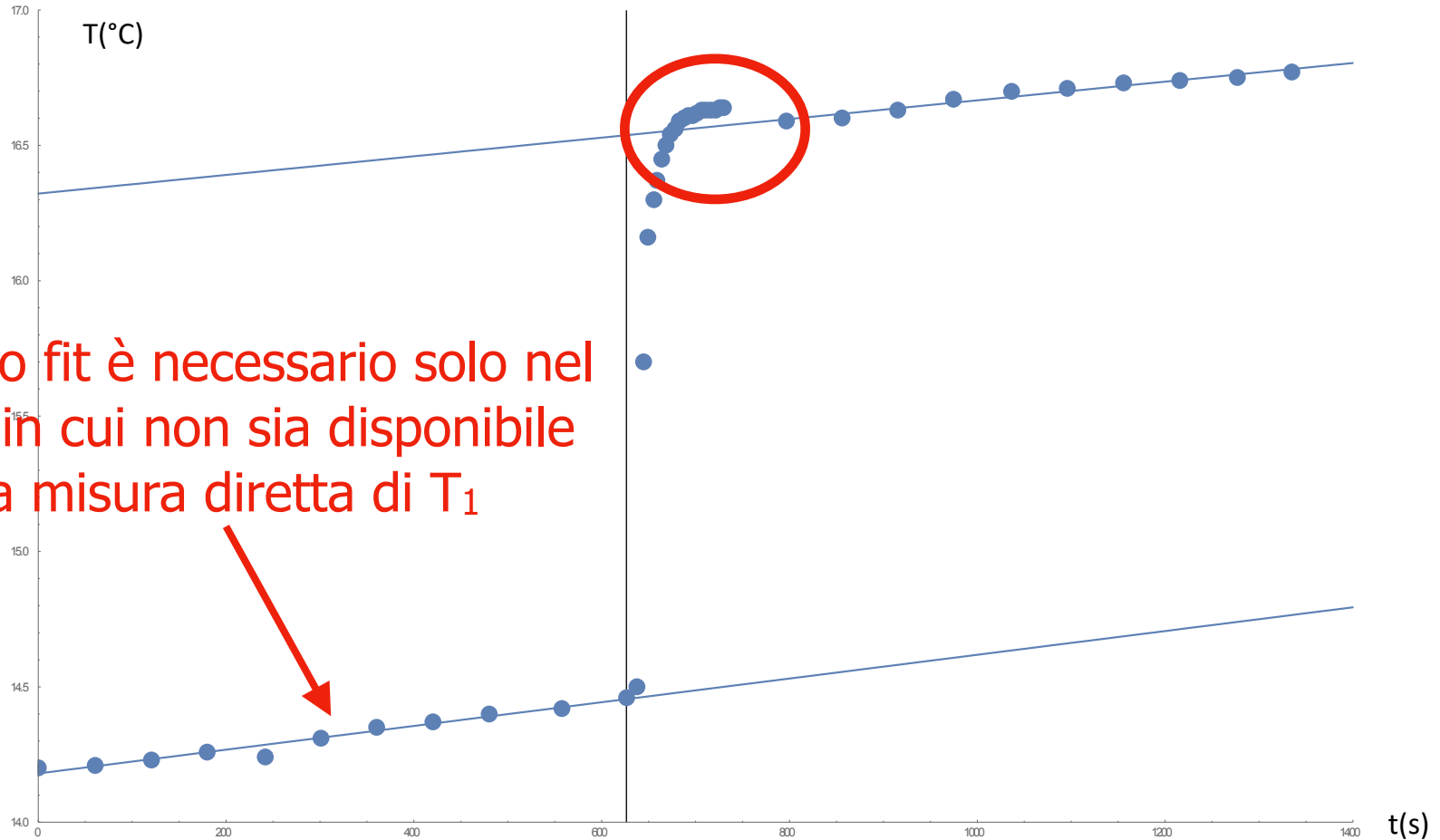
L'**errore** può essere determinato:

- propagando l'errore (e considerando anche la covarianza)
- ponendo $t=0$ l'istante di inserimento del corpo caldo. L'errore su T risulta direttamente dall'errore sull'intercetta della retta

Dati sperimentali



Dati sperimentali



Ripetizione dell'esperienza









Nel corso dell'esperienza il tutor fornisce alcuni suggerimenti riguardo alle grandezze sperimentali da utilizzare (massa d'acqua, temperatura del corpo e dell'acqua...)




Partendo dai risultati ottenuti, **determinare gli errori relativi dei vari termini che contribuiscono all'incertezza associata a c_x e a m_e e individuare il/i contributo/i preponderanti**

Ripetizione dell'esperienza



-  Nel corso dell'esperienza il tutor fornisce alcuni suggerimenti riguardo alle grandezze sperimentali da utilizzare (massa d'acqua, temperatura del corpo e dell'acqua...)
-  Partendo dai risultati ottenuti, **determinare gli errori relativi dei vari termini che contribuiscono all'incertezza associata a c_x e a m_e e individuare il/i contributo/i preponderanti**
-  Variare le condizioni sperimentali per **tentare di diminuire le incertezze** associate a c_x e a m_e e ripetere l'intera esperienza
-  **Confrontare i risultati ottenuti** nelle 2 esecuzioni, verificando:
 -  la compatibilità tra i valori di c_x e m_e ottenuti nelle 2 esecuzioni
 -  che le incertezze siano effettivamente diminuite tra 1ª e 2ª esecuzione

Come valutare errori in Lab (in prima approssimazione)

 Ricordando che: $c_x = \frac{(m_e + m_a)c_a(T_e - T_1)}{m_c(T_2 - T_e)},$

considerare le nuove variabili $\Delta T_1 = (T_e - T_1)$, $\Delta T_2 = (T_2 - T_e)$,

$M = (m_a + m_e)$ e calcolare i relativi errori:

-  considerare come errore assoluto delle T l'errore di sensibilità del termometro
-  come prima stima, assumere un **errore relativo del 20% per m_e**
(poi lo si calcolerà in maniera rigorosa con propagazione errori)

 Calcolare l'**errore relativo su c_x**

Errori sistematici



Effetto dell'agitatore:

- Finora è stato trascurato l'effetto dell'agitatore, tenuto in movimento per tutto l'esperimento da un motorino elettrico ($P = 3 \text{ W}$).
 - Facendo l'ipotesi (assurda) che **tutta l'energia elettrica sia convertita in calore**, qual è il ΔT indotto dal movimento dell'agitatore in un $\Delta t = 1 \text{ minuto}$?
 - Si deve tenere conto di questo effetto? Se sì in che modo?
-
- Discutere l'influenza della **variazione in aria della T del corpo e/o acqua** prima dell'immissione nel calorimetro.