

PRÁCTICA 2: CALORIMETRÍA

LABORATORIO DE FÍSICA I GRADO EN INGENIERIA QUÍMICA

Proyecto de innovación docente: Transformando la docencia tradicional de asignaturas de laboratorio de base física a una docencia híbrida con metodología flipped classroom (UV-SFPIE_PIEE-2732863)

Coordinación y edición: Raquel Niclòs y Enric Valor

Presentación y voz en off: Guillem Soria

Guión gráfico: Javier Cervera

OBJETIVOS

- ▶ Calcular el equivalente en agua de un calorímetro de mezclas.
- ▶ Medir calores específicos de sólidos

MATERIAL

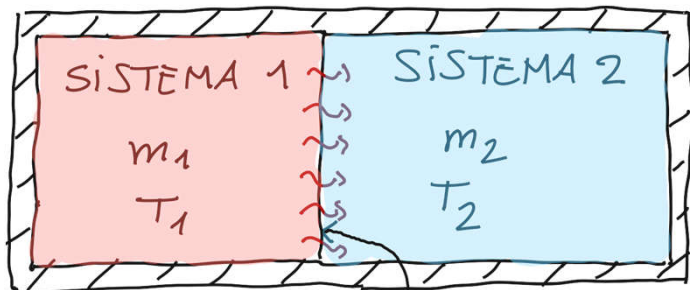
- ▶ Balanza de precisión (error: $\pm 0,01$ g)
- ▶ Calorímetro con agitador
- ▶ Vaso de precipitados de 250 cm³ y de 1 L
- ▶ Sistema de inducción, olla y cazo
- ▶ Soporte con pinza para sólido problema
- ▶ Tres sólidos problema
- ▶ Termómetros



Calorímetros

FUNDAMENTO TEÓRICO

DOS SISTEMAS EN CONTACTO TÉRMICO



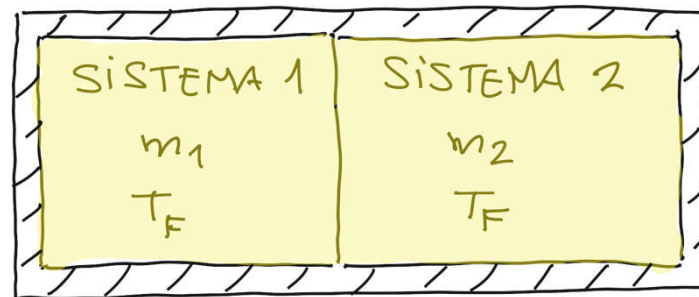
EN CONTACTO TÉRMICO

SISTEMA

1 + 2 (PAREDES ADIABÁTICAS)

AISLADO

$T_1 > T_2$
1 CEDE ENERGÍA A 2



EN EQUILIBRIO AMBOS TIENEN

LA MISMA TEMPERATURA

FUNDAMENTO TEÓRICO

CUANTIFICAMOS:

VARIACIÓN DE TEMP.

$$\rightarrow Q_1 = m_1 c_1 (T_f - T_1)$$

ENERGÍA

CEDIDA POR 1

↑
MASA

↑
CALOR ESPECÍFICO
SISTEMA 1

MASA

↑
VARIACIÓN DE
TEMPERATURA

$$\rightarrow Q_2 = m_2 c_2 (T_f - T_2)$$

ENERGÍA

ABSORBIDA POR 2

↑
CALOR ESPECÍFICO
SISTEMA 2

1+2 AISLADOS

↓
BALANCE DE ENERGÍA: $Q_1 + Q_2 = 0$

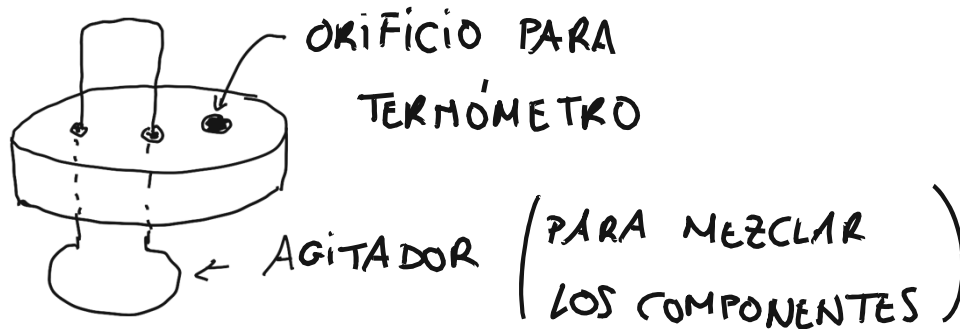
$$m_1 c_1 (T_f - T_1) + m_2 c_2 (T_f - T_2) = 0$$

↓
PODEMOS DETERMINAR c_1

$$c_1 = - \frac{m_2 c_2 (T_f - T_2)}{m_1 (T_f - T_1)}$$

FUNDAMENTO TEÓRICO

EL CALORÍMETRO: TRATA DE AISLAR LOS SISTEMAS 1+2



EL CALORÍMETRO NO ES UN AISLANTE PERFECTO

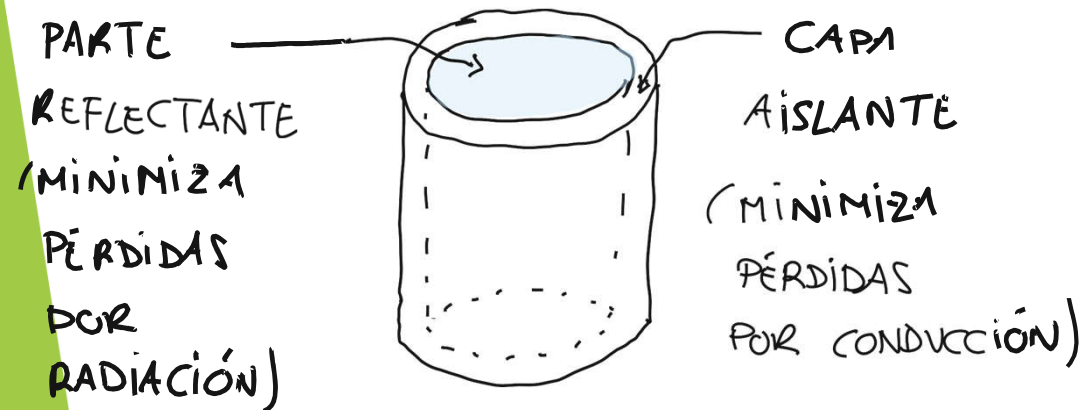


¿CÓMO MODELAMOS SU

INFLUENCIA EN LA MEDIDA?

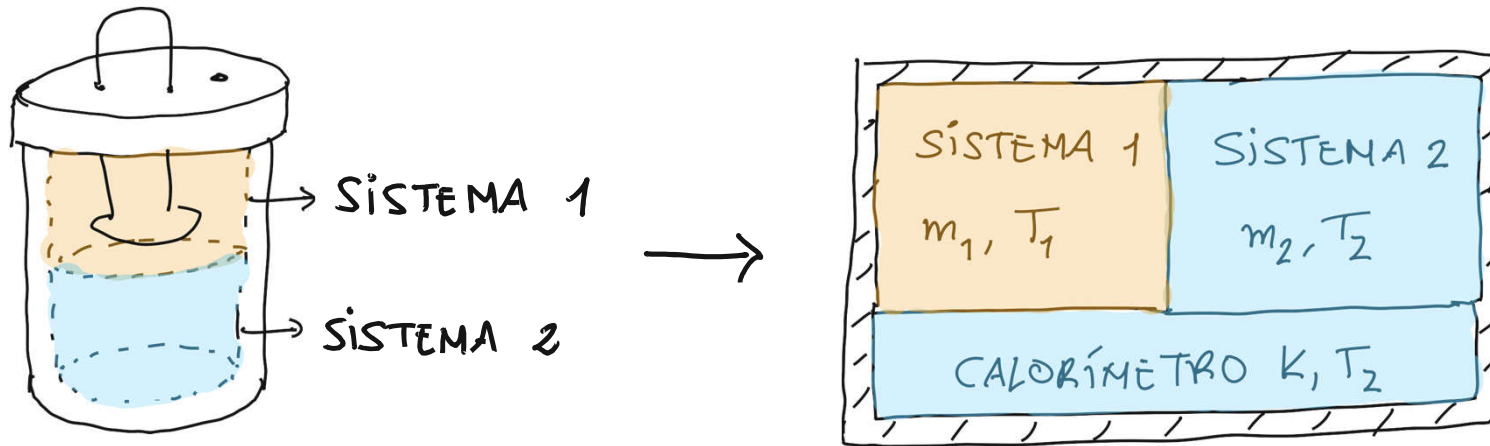


LO MODELAMOS COMO UNA MASA DE AGUA EQUIVALENTE $\underline{\underline{k}}$



FUNDAMENTO TEÓRICO

¿CÓMO DETERMINAMOS CALORES ESPECÍFICOS?



BALANCE DE ENERGÍA : $Q_1 + Q_2 + Q_{CAL} = 0$

$$m_1 c_1 (T_f - T_1) + m_2 c_2 (T_f - T_2) + K c_a (T_f - T_2) = 0$$

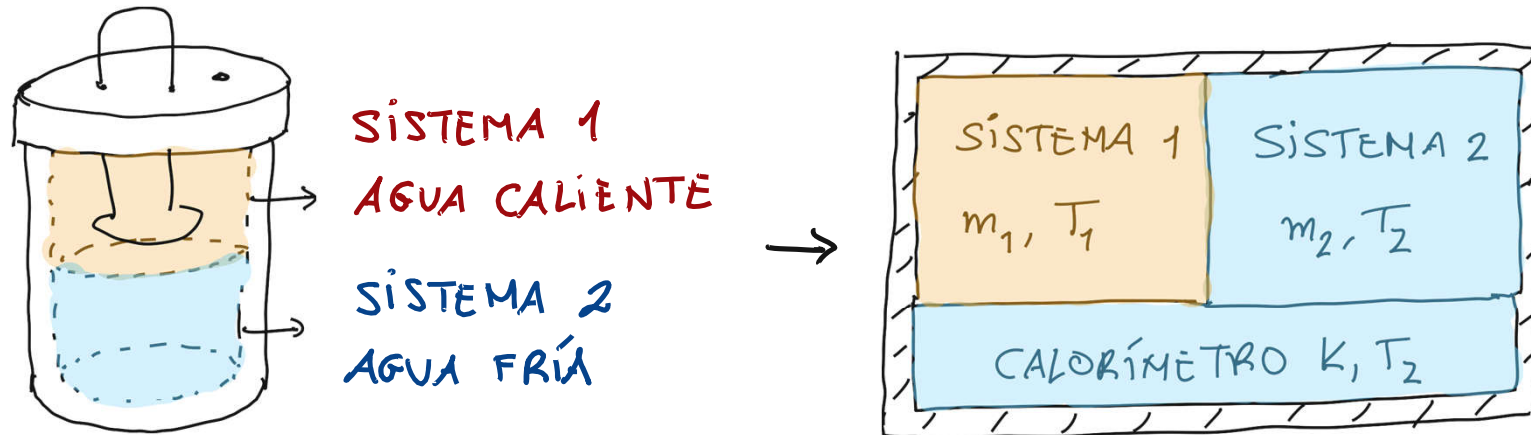
CALOR ESPECÍFICO DEL AGUA
 $c_a = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

PODEMOS DETERMINAR c_1 \rightarrow $c_1 = - \frac{(m_2 c_2 + K c_a)(T_f - T_2)}{m_1 (T_f - T_1)}$

PERO NECESITAMOS
CONOCER K

FUNDAMENTO TEÓRICO

EQUIVALENTE EN AGUA DEL CALORÍMETRO (TEORÍA)



$$\text{BALANCE DE ENERGÍA : } Q_1 + Q_2 + Q_{\text{CAL}} = 0$$

$$m_1 c_p (T_p - T_1) + m_2 c_p (T_p - T_2) + K c_p (T_p - T_2) = 0$$

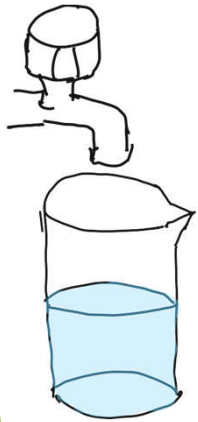
$$\hookrightarrow K = - \frac{T_p - T_1}{T_p - T_2} m_1 - m_2$$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

EQUIVALENTE EN AGUA DEL CALORÍMETRO (EXPERIMENTO)

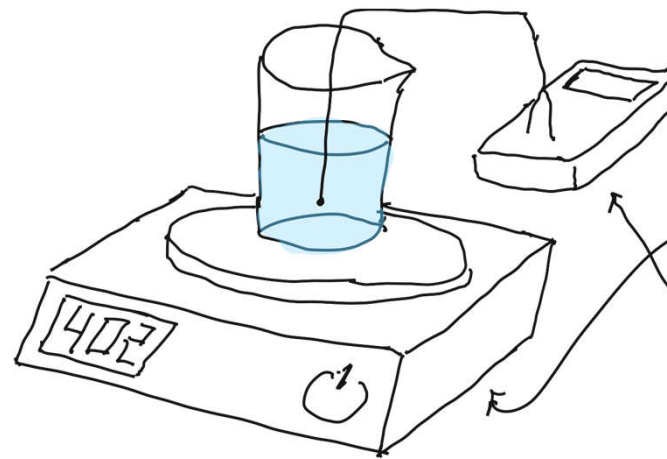
①

VERTEMOS $\sim 200\text{ mL}$
DE AGUA FRÍA EN
EL VASO DE PRECIPITADOS



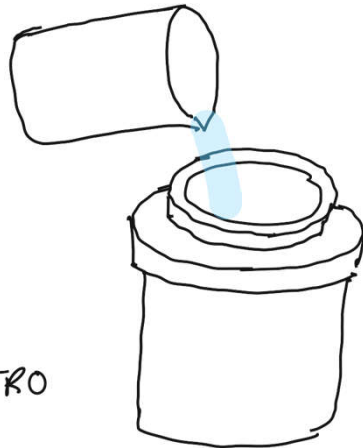
②

DETERMINAMOS
LA MASA (m_1)
Y LA TEMPERATURA
(T_f)



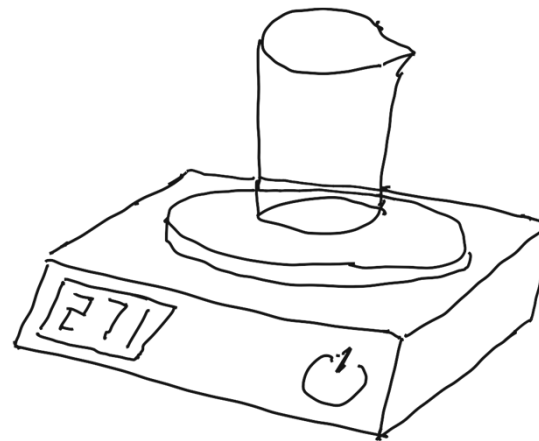
③

VERTEMOS
EL AGUA
EN EL
CALORÍMETRO



④

DETERMINAMOS LA MASA
DEL VASO DE PRECIPITADOS
VACÍO (m_2)



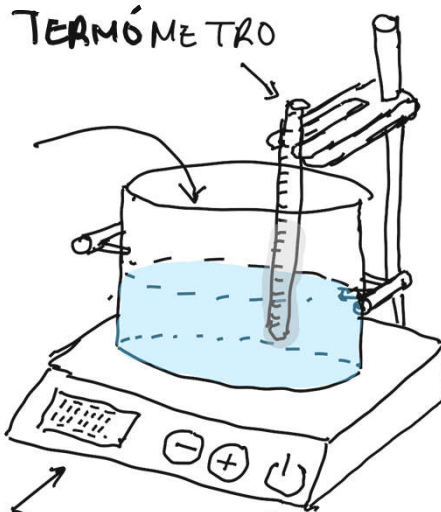
MASA DEL AGUA FRÍA
 $m_f = m_1 - m_2$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

EQUIVALENTE EN AGUA DEL CALORÍMETRO (EXPERIMENTO)

⑤

AÑADIMOS
2L DE
AGUA

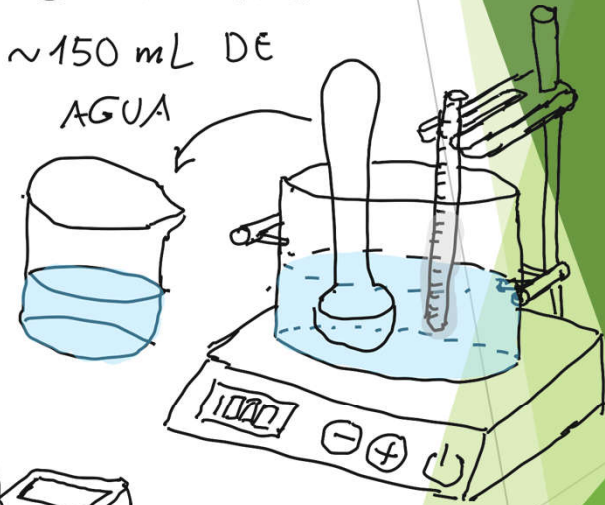


⑧

CALENTAMOS
A 80°C APROX.

⑨

AÑADIMOS
~150 mL DE
AGUA



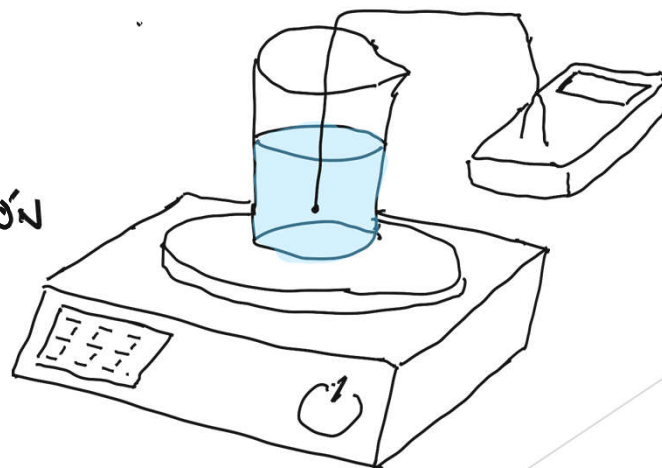
⑩

MEDIMOS MASA (m_3)
Y TEMPERATURA (T_c)

⑦ AJUSTAMOS

LA POTENCIA
A 1000

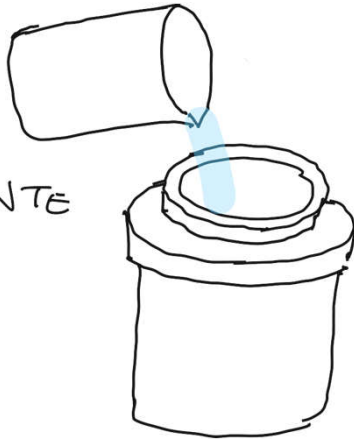
⑥ ENCENDAMOS LA
PLACA DE INDUCCIÓN



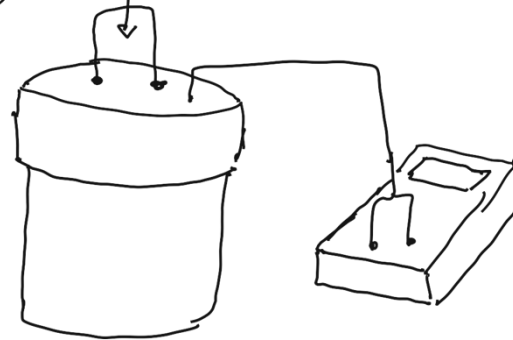
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

EQUIVALENTE EN AGUA DEL CALORÍMETRO (EXPERIMENTO)

11) VERTEMOS
EL AGUA CALIENTE
EN EL
CALORÍMETRO



12) AGITAMOS SUAVEMENTE

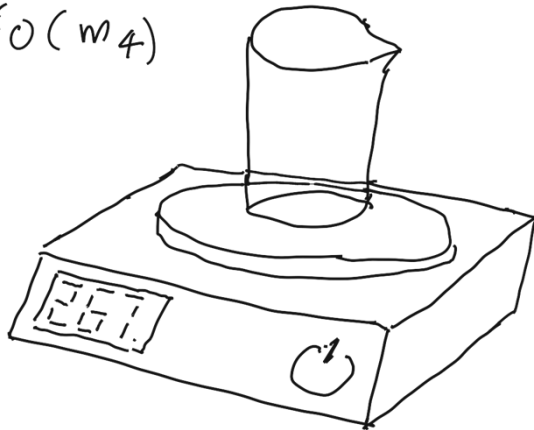


MEDIMOS LA
TEMPERATURA DE
EQUILIBRIO (T_{eq})

13) MEDIMOS MASA
VASO VACÍO (m_4)

MASA AGUA
CALIENTE

$$m_c = m_3 - m_4$$



14) CALCULAMOS K

$$K = - \frac{T_{eq} - T_c}{T_{eq} - T_F} m_c - m_F$$

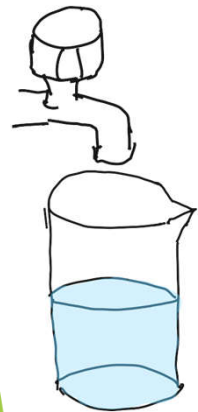
$$\begin{aligned} \mathcal{E}(K) = & \left| \frac{T_{eq} - T_c}{T_{eq} - T_F} m_c \right| \cdot \left[\frac{\mathcal{E}(T_{eq} - T_c)}{|T_{eq} - T_c|} + \frac{\mathcal{E}(T_{eq} - T_F)}{|T_{eq} - T_F|} + \frac{\mathcal{E}(m_c)}{m_c} \right] + \\ & + \mathcal{E}(m_F) \end{aligned}$$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO DE SÓLIDOS

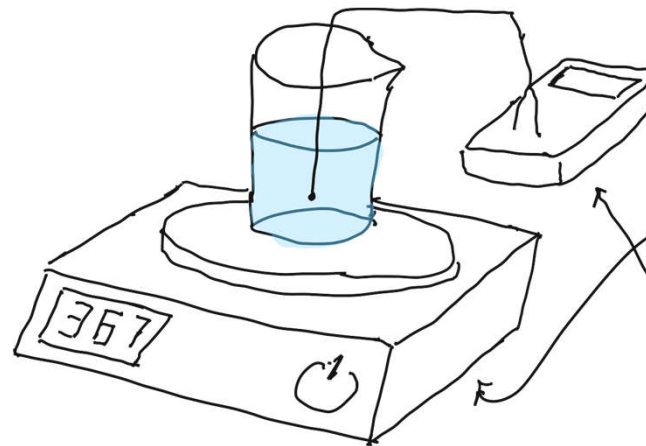
①

VERTEMOS ~ 150 mL
DE AGUA FRÍA EN
EL VASO DE PRECIPITADOS



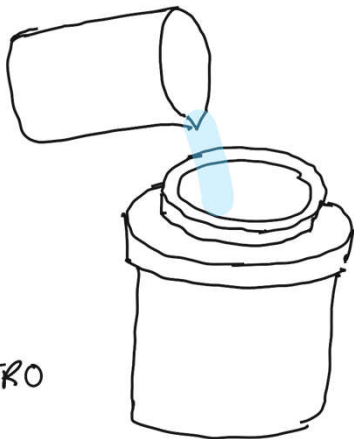
②

DETERMINAMOS
LA MASA (m_1)
Y LA TEMPERATURA
(T_a)



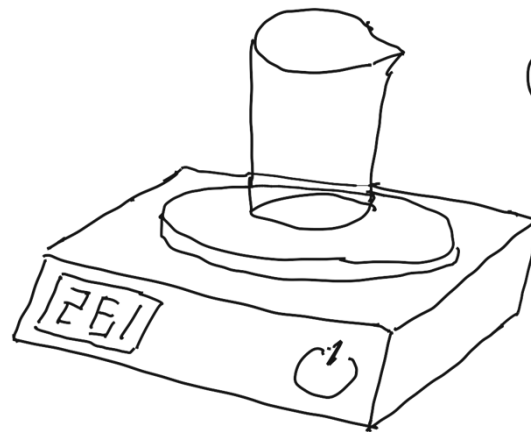
③

VERTEMOS
EL AGUA
EN EL
CALORÍMETRO



④

DETERMINAMOS LA MASA
DEL VASO DE PRECIPITADOS
VACÍO (m_2)

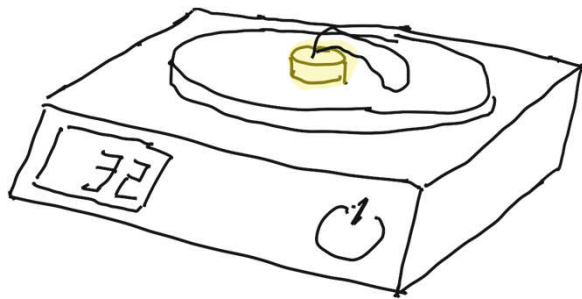


MASA DEL AGUA
 $m_a = m_1 - m_2$

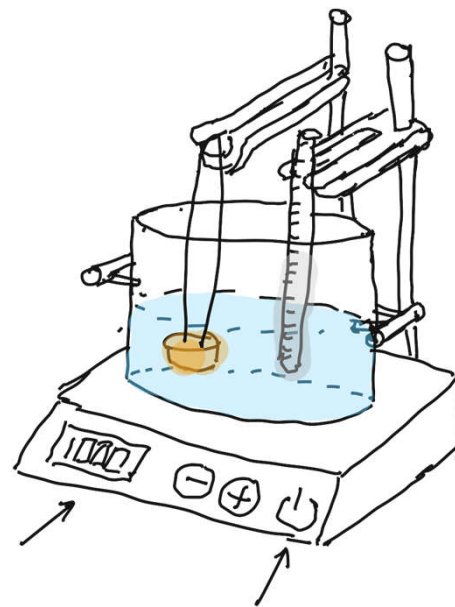
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO DE SÓLIDOS

- ⑤ MEDIMOS LA MASA DEL SÓLIDO (m_s)



- ⑦ AJUSTAMOS LA POTENCIA A 1000



- ⑥ ENCENDEMOS LA PLACA

- ⑧ CALENTAMOS HASTA EBULLICIÓN

- ⑨ ESPERAMOS 5 MINUTOS

- ⑩ APUNTAMOS LA TEMPERATURA (T_s)

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO DE SÓLIDOS

10 PONEMOS
EL SÓLIDO
EN EL CALORÍMETRO



11



AGITAMOS SUAVEMENTE

MEDIMOS LA
TEMPERATURA DE
EQUILIBRIO (T_{eq})

12

$$c = - \frac{(m_a + k) c_a (T_{eq} - T_a)}{m_s (T_{eq} - T_s)} ; \varepsilon(c) = c \cdot \left[\frac{\varepsilon(m_a) + \varepsilon(k)}{m_a + k} + \frac{\varepsilon(T_{eq} - T_a)}{|T_{eq} - T_a|} + \frac{\varepsilon(m_s)}{m_s} + \frac{\varepsilon(T_{eq} - T_s)}{|T_{eq} - T_s|} \right]$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- ▶ Obtened el equivalente en agua del calorímetro, con su error.
- ▶ Obtened el calor específico, con su error, de los tres sólidos problema. Comparad el valor con el proporcionado en la bibliografía

Metal	c (cal·g ⁻¹ ·K ⁻¹)
Aluminio	0.215
Cobre	0.092
Hierro	0.108

R. C. Weast (editor).
Handbook of chemistry and physics
62nd edition. CRC Press Inc., 1981

- ▶ Obtened la capacidad térmica molar de los sólidos y comparad el resultado con la predicción de la ley de Dulong y Petit para los sólidos: $c_v = 3R = 24.9 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- ▶ Análisis detallado y comparativo de los errores