Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Segunda Prueba
Parte Teórica

Nombre: ....

DNI: ....

Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.

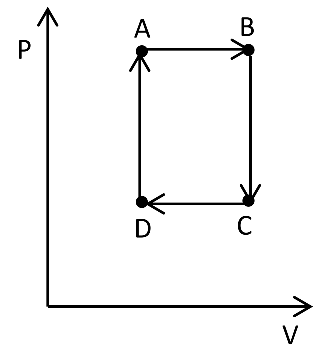
- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema 1

Considere un mol de gas ideal monoatómico (R = 8,32 J/mol) que realiza el proceso mostrado en la figura partiendo desde A:

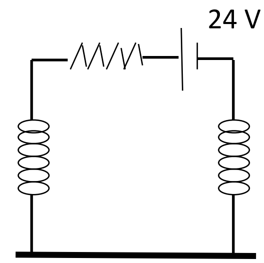


Si el cambio de energía interna del gas cuando se lo lleva del estado A al estado C a través del estado B es 6382,08 J y el valor absoluto del trabajo realizado a lo largo de la trayectoria ABC es de 8509,2 J

a) ¿Cuánto calor se le debe agregar al sistema para ir del estado A hasta el estado C a través del estado B?
b) Si la presión en el estado A es 1,5 veces la del estado C ¿cuál es el trabajo realizado por el sistema al ir del estado C al estado D?
c) ¿Cuál es el intercambio de calor con los alrededores en el proceso CA a través del estado D?
d) Si el cambio en la energía interna del gas en el proceso DA es 2187,8 J ¿cuánto calor se debe extraer al sistema cuando va de C a D?
e) Sabiendo que T_A = 512 K ¿cuánto valen T_C y T_B?

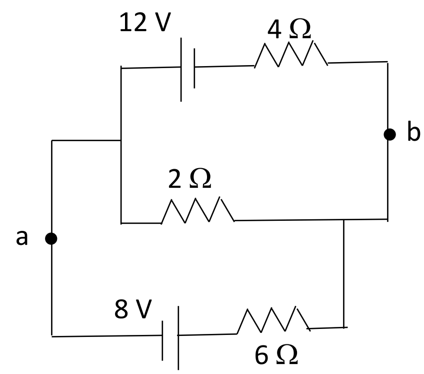
Problema 2

a) Un alambre recto de 10 g y 5 cm de largo se suspende con dos resortes idénticos de tal manera que forman un circuito cerrado como el de la figura. Los resortes se alargan una distancia de 0.5 cm debido al peso del alambre. El circuito tiene una resistencia total de 12 Ω (considere $g = 10\ m/s^2$)



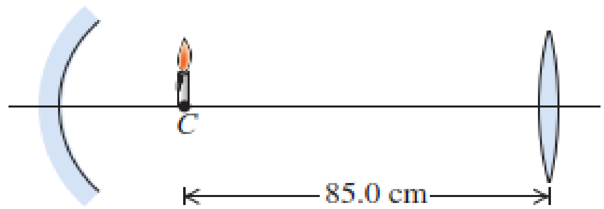
   i. ¿Cuál es la corriente que circula por el circuito?
   ii. ¿Cuál es la constante k de los resortes?
   iii. Cuando se aplica un campo magnético externo constante perpendicular al circuito, los resortes se alargan 0,3 cm más, ¿cuál es la intensidad y sentido del campo aplicado?

b) Para el circuito de la figura calcule:
   i. La corriente en la resistencia de 2 Ω.
   ii. La diferencia de potencial entre los puntos a y b.



Problema 3

Una vela ubicada en el centro de curvatura de un espejo cóncavo, cuya distancia focal es de 10 cm, se observa a través de una lente convergente como se indica en la figura. La lente tiene una distancia focal de 32 cm



a) Si no estuviera la lente, ¿dónde forma la imagen el espejo y que tipo de imagen es?
b) ¿Cuántas imágenes se forman a la derecha de la lente?
c) ¿a qué distancia de la lente se formará/n la/s imagen/es y qué tipo de imagen/es es/son?

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

<u>Problema Teórico 2</u>

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a) i.		
a) ii.		
a) iii.		
b) i.		
b) ii.		

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Segunda Prueba
Parte Experimental

Nombre: ....

DNI: ....

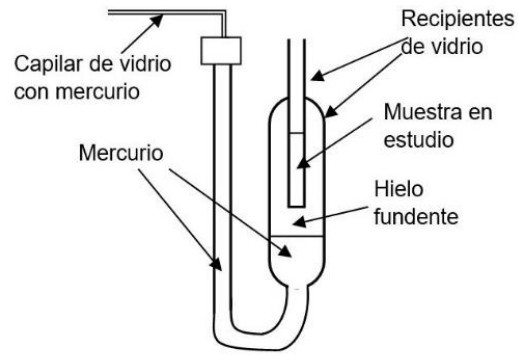
Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Algo de calorimetría… un "*casi-calorímetro*" de Bunsen!!!

Un calorímetro es un instrumento de medición con el cual se pueden realizar los experimentos necesarios para determinar la capacidad calorífica de alguna substancia; en otras palabras, sirve para medir "calor".

Entre los numerosos calorímetros que se han inventado está el de Bunsen. El mismo consiste en un recipiente lleno de hielo en fusión, que tiene en su interior una "burbuja" de vidrio (porta muestra), la cual está en contacto térmico con el hielo. El hielo fundente está en contacto con mercurio que llega hasta el tubo capilar. A su vez, TODO está sumergido en hielo fundente.



Cuando se introduce una muestra a una temperatura T_i, en el porta muestra, parte del hielo se funde y la muestra alcanza los 0 °C; la mezcla agua-hielo cambia de volumen porque el hielo es menos denso que el agua. Este cambio de volumen se determina mediante el cambio en la posición del menisco de mercurio en el tubo capilar; recordemos que 1 g de agua a 0 °C ocupa 1 cm^3, mientras que 1 g de hielo ocupa 1.09 cm^3. De este modo se determina la cantidad de calor que entregó la muestra y así se puede determinar su capacidad calorífica.

PARTE A

Analice el principio de funcionamiento del calorímetro de Bunsen, encuentre la expresión matemática que vincula el calor específico de la sustancia que compone la muestra y el desplazamiento del menisco (cambio de volumen de la mezcla de agua con hielo).

PARTE B: CONSTRUCCIÓN DEL *"CASI-CALORÍMETRO"* DE BUNSEN.

Para hacerlo puede utilizar:

- **como contenedor de hielo fundente:** un matraz de boca ancha o un frasco de mermelada/café en cuya tapa se realizarán los agujeros necesarios para instalar el porta muestra y el capilar.
- **como capilar:** un tubito fino transparente (el más fino del que se disponga), puede ser el que contiene la tinta en un bolígrafo/lapicera/portaminas o mangueritas muy finas. La disposición del tubo óptima es la horizontal (recomendado), aunque también puede instalarse en forma vertical.
- **como porta muestra:** puede ser un tubo de ensayo, un tubito plástico pequeño, la tapa de un lápiz de labios, de maquillaje, un tubito de "boligoma", una jeringa tapada en donde va la aguja y sin embolo (OJO: en casos como el último, cuidado con las pérdidas).
- **como sellador para evitar la pérdida de mezcla fundente:** cola de carpintero, silicona, cera de vela, masilla, plastilina, etc. **Los lugares de la tapa del frasco en los cuales se instalaron el capilar y el tubo porta muestras y la tapa misma, deben quedar correctamente sellados.**
- **para minimizar las pérdidas de calor** deberá sumergir el dispositivo construido hasta aquí en otra mezcla de agua con hielo. Para ello puede utilizar algún tacho mediano/grande de telgopor, de plástico o una olla. **OJO: la boca del capilar y del porta muestra no deben quedar sumergidas.**

Nota B1: a diferencia del calorímetro original de Bunsen, no utilizaremos mercurio. Para realizar la medición del cambio de volumen, en nuestro *"casi-calorímetro"* de Bunsen, el agua de la mezcla actuará como "pistón" e indicador en el tubo capilar.
Nota B2: si lo considera necesario puede implementar una tapa para el porta muestra.
Nota B3: necesitará mucho hielo.

PARTE C: UTILIZAR EL CALORÍMETRO CONSTRUIDO.

1) Realice mediciones utilizando masas determinadas de agua a temperatura conocida, por ejemplo a 100 ºC. Repita las mediciones para cada masa, use al menos 5 masas diferentes.
2) Verifique que el desplazamiento del "menisco de agua" en el tubo capilar es el esperado para las distintas masas usadas. Calibre el calorímetro considerando conocida la capacidad calorífica especifica del agua y el calor de fusión del hielo.
3) Realice mediciones utilizando masas determinadas de aceite de cocina o de algún otro líquido, a temperatura conocida (por ejemplo 100 ºC). Repita las mediciones para cada masa.
4) Determine el calor específico del aceite de cocina o del líquido que utilizó.

Nota C1: Para determinar la masa de los líquidos muestra puede utilizar una balanza o una jeringa o una pipeta, siempre y cuando conozca las densidades de los mismos.
Nota C2: Para calentar el "líquido muestra", hasta los 100 ºC, puede utilizar un baño maría.
Nota C3: no utilice líquidos inflamables.

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
PARTE A		
PARTE B		
PARTE C		
1)		
2)		
3)		
4)		

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	$\Delta Q_{AC} = \ 6382{,}08\, J + 8509{,}2\, J = 14891{,}28\, J$	2 ptos.
b)	$5672{,}8\, J = W_{CA}$	2 ptos.
c)	$-12054.88\, J = \Delta Q_{CA}$	2 ptos.
d)	$-14242{,}68\, J = \Delta Q_{CD}$	2 ptos.
e)	$1023{,}38\, K = T_C$ $1535{,}07\, K = \ T_B$	2 ptos.

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a) i.	$2\,A = i$	2 ptos.
a) ii.	$10\,\frac{N}{m} = k$	2 ptos.
a) iii.	$0{,}6\,T = B$	2 ptos.
b) i.	$i_2 = -\frac{10}{11}\,A = -0{,}91\,A$	2 ptos.
b) ii.	$1.82\,V = V_{ab}$	2 ptos.

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	$$s_i = 20\ cm$$ La imagen de la vela generada por el espejo se forma en la posición donde está la vela pero está invertida y del mismo tamaño	3 ptos.
b)	Se formarán 2 imágenes, una la de la vela real y otra de la imagen de la vela generada por el espejo.	3 ptos.
c)	$$s_i = \frac{1}{0{,}0195} = 51{,}28\ cm$$ Ambas imágenes son reales, y serán invertidas respectivamente y del mismo tamaño.	4 ptos.

Problema 1: solución.

a) (2 pts) Por la primera ley de la termodinámica:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \qquad \Delta W = -P\Delta V$$

$$\Delta Q_{AC} = \Delta U_{AC} - \Delta W_{AC}$$

En este caso el gas hace trabajo y por lo tanto $\Delta W_{AB} < 0$

$$\boxed{\Delta Q_{AC} = 6382{,}08\, J + 8509{,}2\, J = 14891{,}28\, J}$$

b) (2 pts) De A a C sólo se hace trabajo en AB $W_{AB} = -P_A(V_B - V_A)$

Del mismo modo

$$W_{CD} = -P_C(V_D - V_C) = -\frac{P_A}{1{,}5}(V_A - V_B) = \frac{-W_{AB}}{1{,}5} = \boxed{5672{,}8\, J = W_{CA}}$$

c) (2 pts) $\Delta U_{CA} = -\Delta U_{AC} = -6382{,}08\, J = \Delta Q_{CA} + \Delta W_{CA} = \Delta Q_{CA} + 5672{,}89\, J$

$$\Delta Q_{CA} = -\,6382{,}08\, J - 5672{,}8\, J = \boxed{-12054.88\, J = \Delta Q_{CA}}$$

d) (2 pts) Como no hay trabajo en el proceso DA, entonces:

$$\Delta Q_{DA} = \Delta U_{DA} = 2187{,}8\, J$$

Por otro lado:

$$\Delta U_{CA} = -\Delta U_{AC} = -6382{,}08\, J$$

$$\Delta U_{CA} = \Delta U_{CD} + \Delta U_{DA}$$

$$\Delta U_{CD} = \Delta U_{CA} - \Delta U_{DA} = -6382{,}08\, J - 2187{,}8\, J = -8569{,}88\, J$$

$$\Delta U_{CD} = \Delta Q_{CD} + \Delta W_{CD} \qquad \rightarrow \qquad \Delta Q_{CD} = \Delta U_{CD} - \Delta W_{CD}$$

Recordando que $\Delta W_{CA} = \Delta W_{CD}$

$$\Delta Q_{CD} = -8569{,}88\, J - 5672{,}89\, J = \boxed{-14242{,}68\, J = \Delta Q_{CD}}$$

e) (2 pts) La variación de energía interna de un 1 mol de gas monoatómico entre dos estados A y C es:

$$\Delta U_{AC} = \frac{3}{2}R(T_C - T_A) \qquad \rightarrow \qquad 6382{,}08\, J = \frac{3}{2}R(T_C - 512\, K)$$

Despejando T_c

$$T_C = \frac{2}{3R}6382{,}08\, J + 512\, K = \boxed{1023{,}38\, K = T_C}$$

Por otro lado sabemos que:

$$\left.\begin{array}{l} P_A V_B = RT_B \\ \\ P_C V_B = RT_C \end{array}\right\} \frac{P_A}{P_C} = \frac{T_B}{T_C} \quad \rightarrow \quad T_B = \frac{P_A}{P_C} T_C = 1{,}5\ (1023{,}38\ K) = \boxed{1535{,}07\ K = T_B}$$

Problema 2: solución.

a) i. (2 pts) $V = i\,R \quad \rightarrow \quad i = \frac{V}{R} = \frac{24\,V}{12\,\Omega} = \boxed{2\,A = i}$

ii. (2 pts) Cuando no hay campo magnético el peso de la barra es equilibrado por los dos resortes. Se cumple que:

$$mg = 2\,k\,\Delta x \quad \rightarrow \quad k = \frac{mg}{2\,\Delta x_o} = \frac{0.010\,kg\;10\,m/s^2}{2\,(0{,}005)\,m} = \boxed{10\frac{N}{m} = k}$$

iii. (2 pts) En presencia de un campo magnético, las cargas en movimiento (que producen la corriente i) sufre la fuerza de Lorentz magnética $\left(\vec{F} = q\vec{v}\;x\;\vec{B}\right)$ que para el caso de una corriente se expresa de la siguiente manera:

$$\vec{F} = i\,\vec{l}\;x\;\vec{B} \quad \rightarrow \quad \left|\vec{F}\right| = ilBsen\theta$$

donde *l* es la longitud de la barra y su dirección la de la corriente y θ es el ángulo entre $\vec{l}\;y\;\vec{B}$. Como $\vec{l}\;y\;\vec{B}$ son perpendiculares:

$$\left|\vec{F}\right| = ilB$$

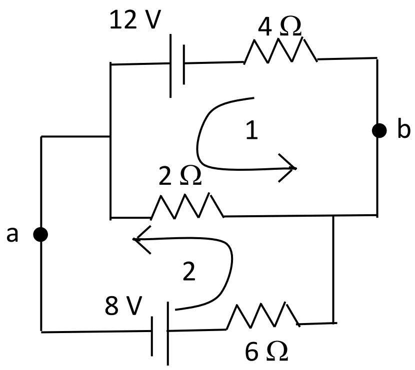
Como *i* tiene sentido antihorario, por la regla de la mano derecha el <u>*B* debe apuntar hacia arriba</u> para que la fuerza resultante sea hacia abajo. Esta fuerza magnética es la causante del estiramiento extra de 0,003 m y por lo tanto:

$$ilB = 2k\Delta x_1 \quad \rightarrow \quad B = \frac{2k\Delta x_1}{il} = \frac{2(10\,N\,m^{-1})\;0{,}003\,m}{2\,A\,(0{,}05\,m)} = \boxed{0{,}6\,T = B}$$

$$1\,T = 1\,kg/(As^2)$$

b)

i. (2 pts) Para conocer la corriente que pasa por la resistencia de 2 Ω, consideramos los dos circuitos de la figura y planteamos las ecuaciones para cada uno de ellos. La resistencia de 2Ω será R_2, la de 6Ω será R_6 y la de 4Ω será R_4 . $V_1 = 12\,V$ y $V_2 = 8\,V$



$$V_1 + i_2R_2 - i_4R_4 = 0 \quad \rightarrow \quad i_6 = i_2 + i_4$$

$$V_2 - i_6R_6 - i_2R_2 = 0$$

Combinando estas ecuaciones:

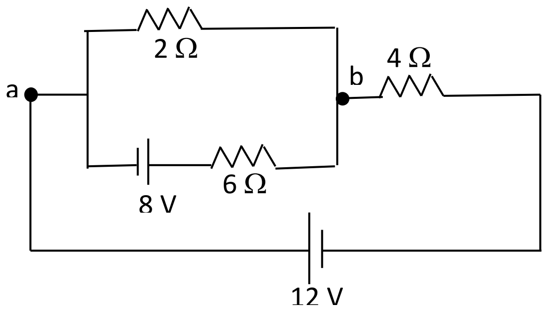
$$V_1 = -R_2i_2 + R_4i_4 \qquad \rightarrow \qquad 12 = -2i_2 + 4i_4$$
$$V_2 = (R_2 + R_6)i_2 + R_6i_4 \qquad \rightarrow \qquad 8 = 8i_2 + 6i_4$$

Tenemos un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas, resolviendo resulta:

$$\boxed{i_2 = -\frac{10}{11}\,A = -0{,}91\,A} \qquad i_4 = 2{,}545\,A$$

El signo menos implica que la dirección de corriente asumida no es la que corresponde sino que es en sentido contrario.

ii. (2 pts) Redibujemos el circuito:



$$V_{ab} = 12\ V - 4i_4$$

$$V_{ab} = 12\ V - 4(2{,}545) = \boxed{1.82\ V = V_{ab}}$$

Problema 3: solución.

a) (3 pts) La vela se encuentra en el centro de curvatura del espejo. Sabemos que el foco del espejo es 10 cm y que $\frac{1}{f} = \frac{2}{R}$, por lo tanto $R = 2f = 20\ cm$

Luego usando la fórmula para los espejos:

$$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{20\ cm} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{10\ cm} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{s_i} = \frac{1}{10\ cm} - \frac{1}{20cm} = \frac{1}{20\ cm}$$

$$\boxed{s_i = 20\ cm}$$

La imagen de la vela generada por el espejo se forma en la posición donde está la vela pero está <u>invertida y del mismo tamaño</u>

b) (3 pts) Se formarán 2 imágenes, una la de la vela real y otra de la imagen de la vela generada por el espejo.

c) (4 pts) Sabemos que la distancia del centro de curvatura a la lente es de 85 cm y que la distancia focal de la lente es 32 cm por lo tanto aplicando la ecuación de las lentes:

$$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{85\ cm} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{32\ cm} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{s_i} = \frac{1}{32} - \frac{1}{85\ cm} = 0{,}0195\ cm^{-1}$$

$$\boxed{s_i = \frac{1}{0{,}0195} = 51{,}28\ cm}$$

Ambas imágenes son reales, y serán <u>invertidas respectivamente y del mismo tamaño</u>

<u>Para docentes</u>: Mostrar a los alumnos el video https://youtu.be/h6NqaDxi2KY

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
PARTE A		3 ptos.
PARTE B		5 ptos.
PARTE C		
1)		5 ptos.
2)		4 ptos.
3)		2 ptos.
4)		1 ptos.

Solución experimental.

Parte A: (3 puntos)

El cambio de fase de hielo a agua viene acompañado de un cambio en el volumen de la mezcla de agua con hielo contenida en el calorímetro. Así, cuando "ingresa" calor al calorímetro se funde una cantidad Δm de hielo, por lo que se produce un cambio ΔV (negativo) en el volumen de la mezcla dado por:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_h} - \frac{\Delta m}{\rho_A} = \Delta m \left[\frac{1}{\rho_h} - \frac{1}{\rho_A}\right]$$

La cantidad de calor Q que ingresó al calorímetro es igual a: $Q = L_f \, \Delta m$

Donde L_f el calor latente de fusión del hielo.

Finalmente si A es la sección del capilar y ΔL la distancia que se corrió el menisco de agua, se puede escribir:

$$Q = -L_f \frac{A \, \Delta L}{\left[\frac{1}{\rho_h} - \frac{1}{\rho_A}\right]}$$

Se ve que hay una relación lineal entre el calor y el cambio de posición del menisco y considerando los módulo se tiene:

$$Q = \beta \Delta L$$

Calibrando el calorímetro con masas conocidas de agua es posible determinar el valor de β correspondiente al calorímetro y hasta se puede escribir sobre el capilar una escala en calorías.

Parte B: (5 puntos)

Se usó un frasco de vidrio, tubitos de lapicera, una pipeta plástica, una jeringa y poxipol.

Parte C: (5 puntos; 4 puntos; 2 puntos; 1 punto)

1) En la siguiente tabla 1 se presentan los resultados de las mediciones realizadas. La masa agua m_a ingresada al calorímetro que experimenta un salto de temperatura ΔT de (100 ± 5) ºC corresponde a una cantidad de calor:

$$Q_i = m_a \, c_a \Delta T$$

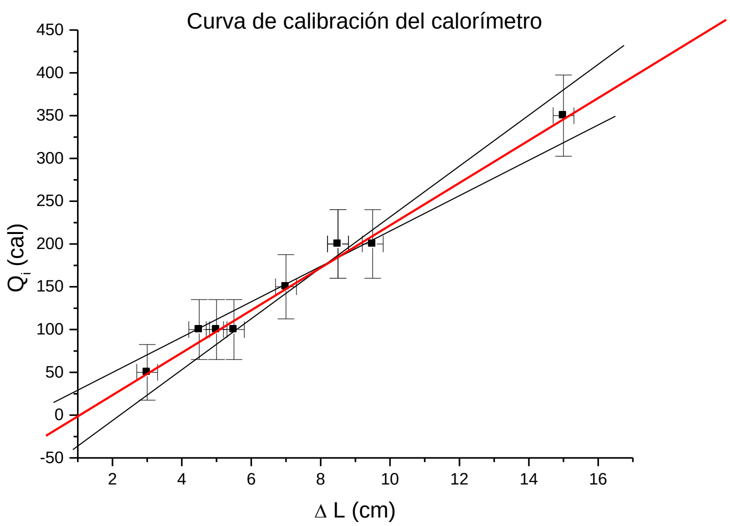
$$\frac{\Delta Q_i}{Q_i} = \frac{\Delta m_a}{m_a} + \frac{\Delta T}{T}$$

Las masas de agua m_a se calcularon sabiendo la densidad del agua y considerando el volumen V_a usado. Los valores de corrimiento ΔL se determinaron con una regla.

TABLA 1

V_a (cm^3) ± 0.3 cm3	ΔL (cm) ± 0.3 cm	Calor ingresado Q_i (cal)
1	4.5	100±40
1	5	100±40
0.5	3	50±30
1	5.5	100±40
2	8.5	200±40
2	8.5	200±40
2	9.5	200±40
3.5	15	350±50
1.5	7	150±40

2) Se realizó un grafico de calibración del calorímetro.



La pendiente de la recta de ajuste $Q = \beta \Delta L$ es:

$$\beta = (25 \pm 5)\frac{cal}{cm}$$

3) En la tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones en las que se uso aceite de girasol ("Cañuelas"). Y los valores de calor especifico obtenidos a partir de los mismos.

Las masas de aceite m_A se determinaron considerando una la densidad:

$\rho_A = [0.918 \pm 0.003\,]\ \frac{g}{cm^3}$.

Por lo que:

$$m_A = \rho_A V_A$$

La capacidad calorífica específica del aceite c_A se determinó mediante:

$$c_A = \frac{Q}{m_A \Delta T} = \frac{\beta \Delta L}{\rho_A V_A \Delta T}$$

con ΔT igual (100 ± 5) ºC. Q es el valor determinado mediante el calorímetro. La incerteza correspondiente a c_A se calculó mediante propagación de errores.

TABLA 2

V_A (cm^3) ± 0.3 cm3	ΔL (cm) ± 0.3 cm	c_A (cal g^{-1} ºC^{-1})
1.0	3.5	1.0 ± 0.6
1.0	3.0	0.8 ± 0.5
2.0	5.5	0.7 ± 0.3

4) Para informar el calor especifico del aceite, dado que los tres valores encontrados son indistinguibles, se toma:

c_A= (0.8 ± 0.5) cal g^{-1} ºC^{-1}


Don Adriano
Escabeche
Carpincho