GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

FÍSICA II

17 de Marzo del 2020

Dr. Ing. Guillermo BERGUES

Índice general

Capítulo 1

Fundamentos de Termología

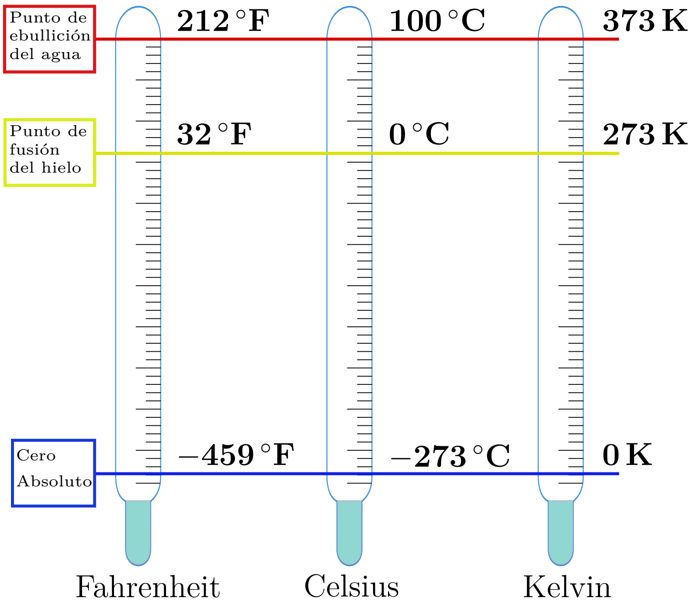

Figura 1.1: Relación entre las diferentes escalas de temperatura.

1. Expresar en °F los siguientes puntos fijos:

   a) Punto de ebullición del Hidrógeno: $-\mathbf{252,78}\,°\mathrm{C}$.

   Para pasar de °C → °F *se utiliza la siguiente ecuación:*

   $$T\,(°\mathrm{F}) = \frac{9}{5} \times T\,(°\mathrm{C}) + 32 \tag{1.1}$$

   Reemplazando el valor a transformar en la Ec. (1.1):

   $$T\,(°\mathrm{F}) = \frac{9}{5} \times (-\mathbf{252,78}\,°\mathbf{C}) + 32 = -\mathbf{423}\,°\mathbf{F}$$

   b) Punto de ebullición del Nitrógeno: $-195{,}81\,°\mathrm{C}$. $\mathbf{R} = -\mathbf{320{,}5}\,°\mathrm{F}$

   c) Punto de solidificación del Mercurio: $-38{,}87\,°\mathrm{C}$. $\mathbf{R} = -\mathbf{37{,}96}\,°\mathrm{F}$

   d) Punto de fusión de la Plata: $960{,}5\,°\mathrm{C}$. $\mathbf{R} = \mathbf{1760{,}9}\,°\mathrm{F}$

2. Expresar en °C las siguientes temperaturas dadas en °F:

   a) **800** °F.
   Para pasar a °C *se utiliza la siguiente ecuación:*

   $$T\,(^\circ\mathrm{C}) = \frac{5}{9} \times [T\,(^\circ\mathrm{F}) - 32] \tag{1.2}$$

   Reemplazando el valor a transformar en la Ec. (1.2):

   $$T\,(^\circ\mathrm{C}) = \frac{5}{9} \times (\mathbf{800^\circ F} - 32) = \mathbf{426,6\,^\circ C}$$

   b) 25 °F. $\mathbf{R} = -\mathbf{3{,}9}\,^\circ\mathrm{C}$

   c) -8 °F. $\mathbf{R} = -\mathbf{22{,}2}\,^\circ\mathrm{C}$

   d) 258 °F. $\mathbf{R} = \mathbf{125{,}55}\,^\circ\mathrm{C}$

3. Expresar en grados K las siguientes temperaturas:

   a) **50** °C
   La relación entre la escala de Kelvin y Celsius está expresada por la siguiente ecuación:

   $$T\,(\mathrm{K}) = T\,(^\circ\mathrm{C}) + 273{,}15 \tag{1.3}$$

   Reemplazado el valor a transformar en la Ec. (1.3):

   $$T\,(\mathrm{K}) = \mathbf{50\,^\circ C} + 273,15 = \mathbf{323}\,\mathrm{K}$$

   b) -35 °C. $\mathbf{R} = \mathbf{230}\,\mathrm{K}$

   c) 72 °F. $\mathbf{R} = \mathbf{295,2}\,\mathrm{K}$

   d) -215 °F. $\mathbf{R} = \mathbf{135{,}8}\,\mathrm{K}$

4. Calcular a qué temperaturas dan la misma lectura las siguientes escalas:

   a) **Celsius y Farenheit:** *en base a la Ec. (1.1) y dado que las escalas se unen en un mismo valor, se puede escribir* $T\,(^\circ\mathrm{F}) = T(^\circ\mathrm{C}) = T$*:*

   $$T = \frac{9}{5} \times T + 32$$

   Despejando T:

   $$T = 32 \times \frac{-5}{4} = -\mathbf{40}\,^\circ$$

   b) **Kelvin y Fahrenheit**. *Siguiendo un procedimiento similar se trabaja con las ecuaciones (1.2) y (1.3):*

   $$\begin{aligned} &T\,(^\circ\mathrm{C}) = T\,(\mathrm{K}) - 273{,}15 \\ &\frac{5}{9} \times [T\,(^\circ\mathrm{F}) - 32] = T\,(\mathrm{K}) - 273{,}15 \\ &\frac{5}{9} \times [T - 32] = T - 273{,}15 \rightarrow \mathbf{T} = \mathbf{575}\,^\circ \end{aligned}$$

5. En un laboratorio de prueba de materiales se debe aumentar la temperatura de la muestra en **40**°C. El único termómetro existente mide en °F, siendo la temperatura inicial de la muestra, de **68, 2**°F. ¿Qué temperatura deberá tener en °F una vez que se ha producido el aumento requerido?

   Una variación $\Delta = 100°\mathrm{C}$ *en la escala de Celsius corresponde a una variación* $\Delta = 180°\mathrm{F}$ *en la escala Farenheit, por lo tanto, para calcular el* Δ *en* °F *se plantea:*

$$°\mathrm{F} = \frac{180°\mathrm{F}}{100°\mathrm{C}} \times 40°\mathrm{C} = \mathbf{72\,°F}$$

   Finalmente:

$$T_f = 72°\mathrm{F} + 68{,}2°\mathrm{F} = \mathbf{140{,}2\,°F}$$

6. La relación de presiones de un gas en el punto de fusión del platino y en el punto triple del agua, manteniendo el volumen constante, es **7, 476**. ¿A qué temperatura en grados Celsius se funde el platino?

   En un termómetro de gas a volumen constante, la función termométrica está dada por:

$$T(p) = 273{,}16\,\mathrm{K} \times \frac{p}{p_{pt}} \tag{1.4}$$

   Donde $\boldsymbol{p} =$ *presión medida del gas, y* $\boldsymbol{p}_{pt}$ *presión del gas en el punto triple (en este caso del agua). El enunciado expresa que se está midiendo la temperatura en el punto de fusión del platino* $T(fp)$*, por lo tanto:*

$$T(fp) = 273{,}16\,\mathrm{K} \times 7{,}476 = 2042{,}06\,\mathrm{K} \rightarrow \mathbf{1769}\,°\mathrm{C}$$

7. Un termómetro de gas registra una presión absoluta correspondiente a **325 mmHg**, estando en contacto con agua en el punto triple. ¿Qué presión indicará en contacto con el agua en el punto de ebullición normal?

   Utilizando la Ec. (1.4) y dado que la presión en el punto triple es de $325mmHg$*:*

$$T(p) = 273{,}15\,\mathrm{K} \times \frac{p}{325mmHg}$$

   Despejando "p" para los $100°\mathrm{C}$ *correspondientes al punto de ebullición:*

$$p = 325mmHg \times \frac{100 + 273{,}15\,\mathrm{K}}{273{,}15\,\mathrm{K}} = \mathbf{444\,mmHg}$$

8. Los remaches de aluminio en la construcción de un avión se fabrican más grandes que el agujero en donde van colocados y se enfrían con hielo seco (CO_2 sólido). Si el diámetro del agujero es **4, 500 mm**, ¿qué diámetro debe tener el remache a **23**°C para que su diámetro sea igual al del agujero a −**78, 0**°C (la temperatura del hielo seco)? Suponga que el coeficiente de expansión lineal del aluminio es constante.

   A la temperatura $T_1 = -78°\mathrm{C}$ *el remache posee un diámetro* $D_1 = 4{,}500\,mm$ *y su sección está dada por:*

$$A_1 = \pi \times \frac{D_1^2}{4}$$

Para una $T_2 = 23°\text{C}$*, el remache posee un diámetro* D_2*. La relación entre secciones es:*

$$A_2 = A_1 \times (1 + 2 \times \alpha_{Al} \times \Delta T) \tag{1.5}$$

Con $\alpha_{Al} = 24 \times 10^{-6}\ 1/°\text{C}$*, queda:*

$$D_2 = D_1 \times \sqrt{(1 + 2 \times \alpha_{Al} \times \Delta T)}$$
$$D_2 = 4{,}5\,mm \times \sqrt{1 + 2 \times \alpha_{Al} \times (23 - (-78)°\text{C})} = \mathbf{4,511\,mm}$$

9. Un tanque de acero se llena totalmente con $\mathbf{2,80\,m^3}$ de etanol; cuando ambos, el tanque y el etanol están a **32** °C. Una vez que el tanque y el etanol se hayan enfriado a **18** °C, ¿qué volumen adicional de etanol podrá meterse dentro del tanque?

   La ecuación dilatación volumétrica expresa:

$$\Delta V = V_f - V_0 = 3 \times \alpha_L \times V_0 \times \Delta T \tag{1.6}$$

$(3\alpha_L)$ *es el coeficiente de dilatación volumétrico (3 veces el lineal). En el caso planteado:* $\alpha_{etanol} = 2{,}5 \times 10^{-4}\ 1/°\text{C}$ *y* $\alpha_{Acero} = 1{,}1 \times 10^{-5}\ 1/°\text{C}$*. Los cálculos demuestran que tanto el tanque como el etanol se contraen en su volumen:*

$$\Delta V_{TANQUE} = 1{,}29 \times 10^{-3}\,m^3$$
$$\Delta V_{etanol} = 0{,}0294\,m^3$$

Entonces, el volumen adicional es:

$$V_{ad} = \Delta V_{etanol} - \Delta V_{TANQUE} = 0{,}028\,m^3 \rightarrow \mathbf{28\,l}$$

10. Una varilla de latón tiene **185 cm** de longitud y **1,60 cm** de diámetro. ¿Qué fuerza debe aplicarse a cada extremo para impedir que se contraiga al enfriarse de **120** °C a **10** °C?

   El esfuerzo de tensión F/A necesario para mantener constante la long. de la varilla es:

$$\frac{F}{A} = -Y \times \alpha \times \Delta T \tag{1.7}$$

Siendo "Y" el módulo de Young. Particularmente para el latón:

$$Y_L = 9{,}47 \times 10^{10}\,Pa$$
$$\alpha_{laton} = 1{,}9 \times 10^{-5}\ 1/°\text{C}$$

Se despeja $\mathbf{F = 39794{,}8\,N}$

11. **TAREA** Un alambre de **1,50 m** de longitud está a **20,0** °C. Este se alarga a **1,90 cm** al calentarse y alcanzar los **420** °C.

    a) Calcule su coeficiente medio de expansión lineal para este intervalo de temperatura.

b) El alambre se tiende sin tensión a $\mathbf{420}$°C. Calcule a qué esfuerzo está sometido si se enfría a $\mathbf{20,0}$°C sin permitir que se contraiga. El módulo de Young del alambre es de $\mathbf{2,0\times10^{11}}$ **Pa**.

R: a) $\mathbf{3,17x10^{-5}}$ °C^{-1} - b) $\mathbf{2,54x10^{9}}$ N/m^{2}

12. **TAREA** Los rieles de acero de un tren se tienden en segmentos de $\mathbf{12,0\,m}$ de longitud, colocados extremo con extremo en un día de invierno en que la temperatura es de $\mathbf{-2,0}$ °C.

    a) ¿Cuánto espacio debe dejarse entre rieles adyacentes para que apenas se toquen en verano, cuando la temperatura suba a $33,0$°C?

    b) Si los rieles se tienden en contacto, ¿a qué esfuerzo se someten en un día de verano en el que la temperatura sea de $33,0$°C?

    R: a) $\mathbf{5,04}$mm - b) $\mathbf{8,4x10^{7}}$ Pa

Capítulo 2

Calorimetría

1. Un estudiante mezcla **1 litro** de agua a **40** °C con **1 litro** de alcohol etílico a **20** °C. Suponiendo que no hay pérdidas de calor debido al contacto con el recipiente ni al medio ambiente, indicar cuál es la **temperatura final** de la mezcla.

Se produce una mezcla entre el agua y el alcohol donde:

* Densidad del Agua: $\delta_{H_2O} = 0,992\frac{gr}{cm^3}$

* Densidad del Alcohol: $\delta_{alcohol} = 0,789\frac{gr}{cm^3}$

* Calor Específico del Agua: $c_{H_2O} = 1\frac{cal}{gr\cdot°\mathrm{C}}$

* Calor Específico del Alcohol: $c_{alcohol} = 0{,}58\frac{cal}{gr\cdot°\mathrm{C}}$

La ecuación de Equilibrio de Energía expresa:

$$Q_{cedido} + Q_{absorbido} = 0 \tag{2.1}$$

Donde ***Q*** *representa el calor de cada elemento y se define por:*

$$Q = m \times c \times \Delta T \tag{2.2}$$

$m =$ *masa,* $c =$ *calor específico. Entonces:*

$$m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times \Delta T + m_A \times c_A \times \Delta T = 0$$

Para poder solucionar la ecuación anterior hace falta calcular las masas de agua y alcohol. Para esto se utiliza la ecuación de densidad:

$$\delta = \frac{m}{V} \tag{2.3}$$

$V =$ *volumen. Siendo* $\mathbf{1l \longrightarrow 1000cm^3}$

$$\mathbf{m_A = 789gr} \;\; y \;\; \mathbf{m_{H_2O} = 992gr}$$

Luego se reemplazan los valores obtenidos en la Ec. (2.1) y se despeja la T_f*:*

$$758\cancel{gr} \times 0{,}58\frac{cal}{\cancel{gr}.\cancel{°C}} \times (T_f - 20\cancel{°C}) + 992gr \times 1\frac{cal}{gr.°C} \times (T_f - 40°C) = 0 \rightarrow \mathbf{T_f = 33{,}6\,°C}$$

2. **TAREA** Una taza de café de $\mathbf{m = 0{,}25\,kg}$ a la temperatura ambiente ($\mathbf{25}\,°$C) se llena con $\mathbf{250cm^3}$ de café hirviendo ($\mathbf{100}\,°$C). La taza y el café llegan a un equilibrio térmico de $\mathbf{80}\,°$C. Si no se ha perdido calor, ¿Cuál es el calor específico de la taza?

   $\mathbf{R = 0{,}33\,\frac{cal}{gr\cdot °C}}$.

3. Un termómetro de $\mathbf{m = 55\,gr}$ y $\mathbf{c = 0{,}2\,cal/gr \cdot° C}$ marca $\mathbf{15}\,°$C. En ese punto se introduce en $\mathbf{300\,gr}$ de agua y alcanza la temperatura final de la misma. Si el termómetro marca $\mathbf{44{,}4}\,°$C, calcular la temperatura inicial del agua antes de introducir el termómetro. Despreciar las pérdidas de calor.

   Se plantea el problema en base a la Ec. (2.1), en donde el termómetro absorbe calor y el agua cede:

$$55gr \cdot 0{,}2\frac{cal}{gr.°C} \times (44,15\,°C - 15\,°C) + 300gr \times 1\frac{cal}{gr.°C} \times (44,15\,°C - T_f) = 0$$

   Despejando $\rightarrow \mathbf{T_f = 45,4\,°C}$

4. Al perforar un agujero en un bloque de latón de $\mathbf{4{,}45\,N}$ de peso se proporciona potencia a razón de $\mathbf{298\,W}$ durante **2 minutos**. Calcular:

   a) **¿Qué cantidad de calor se genera?** *De la Ecuación de potencia:*

$$P(t) = \frac{\Delta E}{\Delta t} \tag{2.4}$$

   Se despeja la energía total que se produce en la perforación:

$$\Delta E = P(t) \times \Delta t = 298\,W \cdot 120\,s = \mathbf{35760\,Joules}$$

   b) **La elevación de temperatura del latón si el** $75\,\%$ **del calor generado calienta el bloque.** *Se debe averiguar el ΔT utilizando la Ec. (2.2). Para esto, primero se calcula el peso:*

$$P = m \times g \tag{2.5}$$

$$m = \frac{P}{g} = \frac{4{,}45\,N}{9{,}8\,\frac{m}{s^2}} = \frac{4{,}45\,kg \times \cancel{\frac{m}{s^2}}}{9{,}8\,\cancel{\frac{m}{s^2}}} = \mathbf{0{,}45\,kg}$$

   De acuerdo al equivalente mecánico del trabajo: $\quad \mathbf{1cal \longrightarrow 4{,}186J}$

$$35760\,\cancel{J} \times \frac{1\,cal}{4{,}186\,\cancel{J}} = \mathbf{8542\,cal}$$

   Luego, dado que solo el 75 % del calor generado eleva la temperatura:

$$0{,}75 \times Q = m \times c \times \Delta T, \;\; y\ siendo\ \ c_{laton} = 0{,}092\,\frac{cal}{gr.°C}$$

$$\Delta T = \frac{6407\,cal}{454\,gr \times 0{,}092\,\frac{cal}{gr.°C}} = \mathbf{152\,°C}$$

5. Una bala de plomo que lleva una velocidad de **350 m/s** llega a un blanco y se detiene. Calcular la elevación de la temperatura de la bala si no hubiera pérdidas por el calor que pasa al medio.

El teorema del trabajo y la energía expresa:

$$W = \Delta K \tag{2.6}$$

Siendo W *= trabajo y* ΔK *= variación de energía cinética. La variación de energía cinética de la bala nos da el trabajo que esta realiza al penetrar el blanco.*

$$W = \frac{1}{2} \times m \times (v_f^2 - v_i^2)$$

Por otro lado, el trabajo se transforma en calor. Descrito a través de ecuaciones:

$$W + Q = 0 \rightarrow Q = m \times c \times \Delta T = -\frac{1}{2} \times m \times (v_f^2 - v_i^2)$$

$\mathbf{c_{plomo} = 0{,}031 \, \frac{cal}{gr \cdot {}^\circ C}}$ *y* $\mathbf{v_f = 0}$:

$$\Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{{v_i}^2}{1000 \times 4{,}186 \times c_{plomo}} = \mathbf{472\,^\circ C}$$

El módulo 1000 corresponde al pasaje de unidades de [kg] a [gr].:

$$\frac{m_Q}{m_{\Delta V}} = \frac{1}{1000}$$

6. Una pieza de fundición cuyo peso es de **490 N** se saca de un horno que está a una temperatura de **500** °C y se introduce en un tanque que contiene una masa de **400 kg** de aceite ($\mathbf{c = 0{,}031\, cal/gr \cdot {}^\circ C}$) que está a **25** °C. Si la temperatura final es de $\mathbf{T_f = 38\,^\circ C}$, calcular el calor específico de la fundición. Despreciar la capacidad calorífica del tanque y las pérdidas calorimétricas.

Se plantea el problema en base a la Ec. (2.1), en donde el aceite absorbe calor y la pieza cede. La masa se calcula con la Ec. (2.5):

$$400kg \times 0{,}5\frac{kcal}{kg.{}^\circ C} \times (38\,^\circ C - 25\,^\circ C) + 50kg \times c_p \times (38\,^\circ C - 500\,^\circ C) = 0$$

Despejando $\rightarrow \mathbf{c_p = 0{,}112 \, \frac{kcal}{kg.{}^\circ C}}$

7. Un calorímetro (ver Fig. 2.1) está compuesto por un recipiente de vidrio de $\mathbf{m = 400\,gr}$, un agitador de aluminio de $\mathbf{m = 200\,gr}$ y un termómetro de vidrio de $\mathbf{m = 80\,gr}$. Contiene **1 kg** de agua a **20** °C. Determinar:

   a) π **del calorímetro.** *Se plantean los términos de la Ec. (2.1):*

$$Q_{recibido} = (m_{H_2O} \times c_{H_2O} + m_{rec} \times c_{rec} + m_{ter} \times c_{ter} + m_{ag} \times c_{ag}) \times \Delta T$$
$$Q_{cedido} = m_{material} \times c_{material} \times \Delta T$$

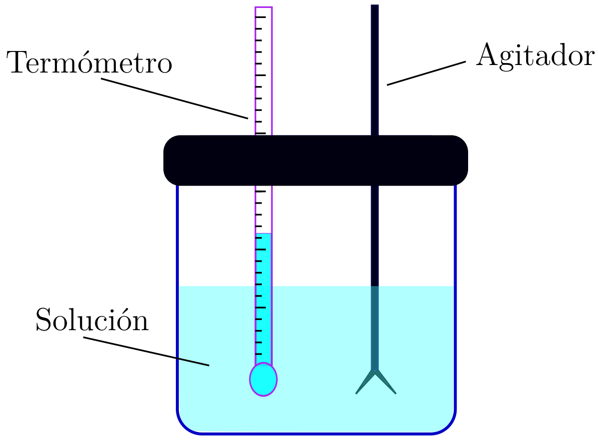

Figura 2.1: Esquema del calorímetro.

El equivalente en masa de agua del calorímetro (π) *expresado en gramos es:*

$$\pi = \frac{m_{H_2O} \times c_{H_2O} + m_{rec} \times c_{rec} + m_{ter} \times c_{ter} + m_{ag} \times c_{ag}}{c_{H_2O}} = \mathbf{139\,gr}$$

Como el calor especifico del agua es $1\,cal/gr \cdot^{\circ} C$*, esto equivale a considerar una masa de "*π*" gramos de agua, que absorbería (o cedería) la misma cantidad de calor que el calorímetro para la misma variación de temperatura. Por eso a* π *se le llama equivalente en agua del calorímetro.*

b) **El calor específico del latón, si se introducen 800 gr del mismo a una t = 100** °C **produciendo que la temperatura del sistema alcance los 25** °C**.**

$$c_{latón} = -\frac{c_{H_2O} \cdot (\pi + m_{H_2O}) \cdot (T_f - T_i)}{m_{laton} \cdot (T_f - T_i)} = \mathbf{0{,}095\,\frac{cal}{gr \cdot^{\circ} C}}$$

8. **TAREA** Un recipiente de aluminio de **500 gr** de masa contiene **117,5 gr** de agua a **t** = **20** °C. Se deja caer dentro del mismo un bloque de acero de **m** = **200 gr** que está a **t** = **75** °C. Calcular la temperatura final considerando que no hay pérdidas de calor hacia el medio ambiente.
   $c_{Al} = 0{,}216\,\frac{cal}{gr.°\mathrm{C}}$ $\quad$ $c_{Acero} = 0{,}11\,\frac{cal}{gr.°\mathrm{C}}$ $\quad$ **R** = **25** °C.

9. Para la determinación del calor específico de un nuevo material se dispone de un calorímetro. Si en él se colocan **300 gr** de agua a **20** °C y luego **450 gr** de Bronce a **265**°C se llega a una $\mathbf{T_f}$ = **40** °C. En la nueva experiencia se colocan **500 gr** de agua a **20**°C, luego se agregan **180 gr** del material investigado que está a **200**°C y se mide $\mathbf{T_f}$ = **25** °C. Calcular:

   a) π **del calorímetro.**

   Usando Ec. (2.1) y teniendo en cuenta el equivalente en masa de agua (π*) se desarrolla el problema.*

   Siendo $c_{bronce} = 0,092\frac{cal}{gr.°\mathrm{C}}$:

   $$(\pi + m_{H_2O}) \times c_{H_2O} \times (40\,°C - 20\,°C) + m_{bronce} \times c_{bronce} \times (40\,°C - 265\,°C) = 0$$
   $$\pi = \mathbf{165,65\,gr}$$

b) **Calor específico del material.**

$$(\pi + m_{H_2O}) \times c_{H_2O} \times (25\,°C - 20\,°C) + m_{mat} \times c_{mat} \times (25\,°C - 200\,°C) = 0$$

$$\mathbf{c_{mat} = 0,081 \frac{cal}{gr \cdot° C}}$$

c) **Calor cedido por el bloque metálico.**

$$m_{mat} \times c_{mat} \times (25\,°C - 200\,°C) = \mathbf{2551\,cal}$$

10. Para medir el calor específico de un líquido se utiliza un **calorímetro de flujo**. Si se agrega calor en forma uniforme y en proporción conocida a un caudal determinado de líquido que pasa por el calorímetro y luego se mide la diferencia de temperatura entre los puntos de entrada y salida de la corriente del líquido, se puede calcular el calor específico.
Un líquido de $\delta = \mathbf{0{,}85\,gr/cm^3}$ fluye por un calorímetro de flujo a razón de $\mathbf{8\,cm^3/s}$. Si se agrega calor mediante un calefactor eléctrico que funciona con **25 Watt** y se mide una diferencia de temperatura entre la entrada y salida del líquido de **15** °C, calcular el calor específico del mismo.

De la Ec. (2.4) se despeja el valor de energía y se iguala con la Ec. (2.2):

$$m \times c \times \Delta T = P \times \Delta t$$

La masa queda expresada por la Ec. (2.3) y el caudal "q" en un tiempo "t" ($\mathbf{cm^3/s}$)*:*

$$\delta \times q \times \cancel{\Delta t} \times c \times \Delta T = P \times \cancel{\Delta t}$$

$$0{,}85\,\frac{gr}{\cancel{cm^3}} \times 8\,\frac{\cancel{cm^3}}{s} \times t \times c \times \cancel{\Delta T} = P \times \cancel{\Delta T}$$

$$c = \frac{25\,W}{6{,}8\,\frac{gr}{s} \times 15\,°C} = \frac{25\,\frac{J}{\cancel{s}}}{6{,}8\,\frac{gr}{\cancel{s}} \times 15\,°C} = 0{,}245\,\frac{J}{gr.°C}$$

$$c = 0{,}245\,\frac{\cancel{J}}{gr.°C} \times \frac{1\,cal}{4{,}186\,\cancel{J}} = \mathbf{0{,}0585\,\frac{cal}{gr.°C}}$$

11. **TAREA** Un calorímetro cuyo equivalente en agua es despreciable, contiene **100 gr** de agua a **0** °C. Se introduce en el mismo un bloque de cobre de **m = 500 gr** y otro de plomo de **m = 800 gr** ambos a **100** °C. Despreciando las pérdidas de calor al medio ambiente, calcular la temperatura final del sistema. **R = 54** °C.

12. Un calorímetro cuyo π es despreciable contiene **500 gr** de agua y **300 gr** de hielo en equilibrio térmico. Se toma un bloque metálico de **m = 1000 gr** de un horno cuya **T = 100** °C y se deja caer rápidamente dentro del calorímetro. Esto produce la fusión de todo el hielo. Despreciando las pérdidas del calorímetro, ¿Cuál será la T_f del sistema si el bloque hubiera tenido el doble de masa?

En el primer experimento $\mathbf{T'_f} = \mathbf{0}$ °C *porque el bloque calentado lo único que logra es fundir el hielo (agua a* **0** °C*). Si se analiza esta situación en la Fig. 2.2, se puede ver que el Q agregado mantiene el sistema en la región "Fusión del Hielo".*

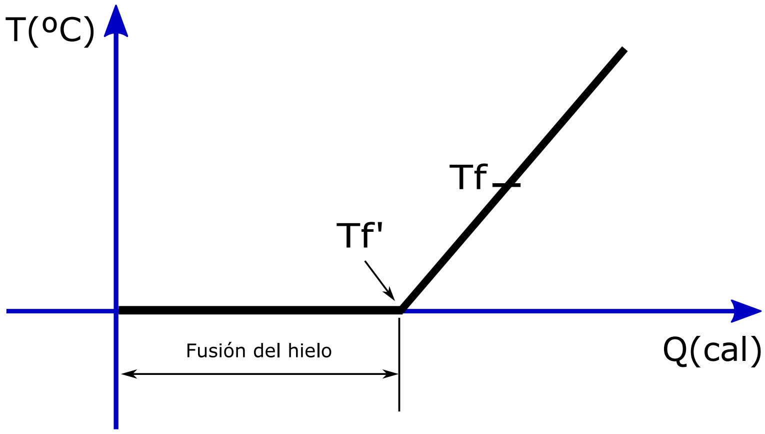

Figura 2.2: Esquema de la transformación del ejercicio 12

Es necesario plantear Ec. (2.1) para poder calcular el c_{bloque}:

$$m_{bloque} \times c_{bloque} \times (0\,^{\circ}C - 240\,^{\circ}C) + \underbrace{m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times (0\,^{\circ}C - 0\,^{\circ}C)}_{=\,\mathbf{0}} + m_{hielo} \times L_f = 0$$

Siendo el calor latente de fusión para el agua:

$$L_f = 80\,\frac{cal}{gr} \tag{2.7}$$

Despejamos c_{bloque}:

$$c_{bloque} = \mathbf{0{,}1}\,\frac{\mathbf{cal}}{\mathbf{gr.^{\circ}C}}$$

Ahora se puede calcular la nueva T_f. Se debe agregar el término $m_{hielo \to agua}$ correspondiente a la elevación de temperatura luego de la transformación:

$m_b \times c_b \times (T_f - 240) + m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times (T_f - 0) + m_h \times L_f + m_{h \to H_2O} \times c_{H_2O} \times (T_f - 0) = 0$
$\mathbf{T_f = 24\,^{\circ}C}$

13. Un recipiente aislado de aluminio de $\mathbf{m = 500\,gr}$ contiene $\mathbf{2000\,gr}$ de agua y $\mathbf{200\,gr}$ de hielo en equilibrio térmico. Se introduce en el agua el extremo de un tubo conectado a una caldera en donde hierve agua a presión atmosférica. Calcular cuantos gramos de vapor de agua se deben condensar para que la T_f del sistema sea $\mathbf{20}\,^{\circ}$C.

    En este caso, el vapor cede calor mientras que el agua y el hielo absorben. La solución se plantea mediante Ec. (2.1):

$$\underbrace{-m_v \times L_v + m_{v \to H_2O} \times c_{H_2O} \times (20 - 100^{\circ}C)}_{=\,\mathbf{vapor}} + \underbrace{m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times (20 - 0^{\circ}C)}_{=\,\mathbf{H_2O}} +$$
$$+ \underbrace{m_{hielo} \times L_f + m_{hielo \to H_2O} \times c_{H_2O} \times (20 - 0^{\circ}C)}_{=\,\mathbf{hielo}} + m_{rec} \times c_{Al} \times (20 - 0^{\circ}C) = 0$$

El vapor cede calor, por eso sus dos miembros son negativos. Despejando, $\mathbf{m_v = 100,2\,gr}$.

14. Un calorímetro de cobre de $\mathbf{m = 200\,gr}$ posee un termómetro de vidrio de $\mathbf{m = 100\,gr}$ y un agitador de aluminio de $\mathbf{m = 150\,gr}$. Contiene $\mathbf{300\,gr}$ de agua y $\mathbf{8\,gr}$ de hielo en equilibrio térmico. Se introduce un bloque metálico de $\mathbf{m = 400\,gr}$ que está a $\mathbf{220}\,°$C. Se mide la cantidad de calor que cede el bloque hasta llegar a la nueva temperatura de equilibrio y se observa que es igual a la que cedería una masa de $\mathbf{15\,gr}$ de vapor de agua a $\mathbf{100}\,°$C al condensarse y pasar a ser agua a $\mathbf{100}\,°$C. Calcular:

   a) **El equivalente en agua del calorímetro.** *Planteando Ec. (2.1) por sus términos:*

$$Q_{cedido} = m_{mat} \times c_{mat} \times \Delta T = \underbrace{-m_{vapor} \times L_v}_{Negativo\ porque\ cede\ calor}$$

$$Q_{absorbido} = (m_{H_2O} \times c_{H_2O} + m_{ag} \times c_{ag} + m_{ter} \times c_{ter} + m_{rec} \times c_{rec}) \times (T_f - 0) + \\ + m_{hielo} \times L_f + m_{hielo \to H_2O} \times (T_f - 0)$$

   Cálculo del π:

$$\pi = \frac{m_{H_2O} \times c_{H_2O} + m_{rec} \times c_{rec} + m_{ter} \times c_{ter} + m_{ag} \times c_{ag}}{c_{H_2O}} = \mathbf{71{,}2\,gr}$$

   b) **Calor específico del bloque metálico.**

$$(m_{H_2O} + \pi) \times c_{H_2O} \times (T_f - 0) + m_{hielo} \times L_f + m_{hielo \to H_2O} \times c_{H_2O} \times (T_f - 0) - \\ - m_v \times L_v = 0$$

   Se despeja T_f y se obtiene un valor de $\mathbf{T_f = 19{,}7\,°C}$. Entonces:

$$m_{mat} \times c_{mat} \times (19{,}7 - 220°C) = -m_v \times L_v \to \mathbf{c_{mat} = 0{,}101\,\frac{cal}{gr.°C}}$$

15. Un calorímetro de cobre de $\mathbf{m = 300\,gr}$ contiene $\mathbf{500\,gr}$ de agua y $\mathbf{20\,gr}$ de hielo en equilibrio térmico. Se introduce un bloque de aluminio de $\mathbf{m = 200\,gr}$, el cual, al enfriarse hasta la temperatura final pierde $\mathbf{7000\,cal}$. Calcular la T_i y T_f del aluminio.

   En primer lugar es necesario averiguar si las calorías que cede el bloque alcanzan para elevar la temperatura del sistema o si solo funden el hielo.

$$Q_f = L_f \times m_h = \mathbf{1600\,cal}$$

   Como $7000 > 1600$, el bloque funde el hielo y luego puede elevar la temperatura del sistema. Planteando Ec. (2.1) por sus términos:

$$Q_{cedido} = m_b \times c_b \times (T_f - T_{ib}) = -\mathbf{7000\,cal} \tag{2.8}$$

$$Q_{absorbido} = m_{cal} \times c_{cal} \times \Delta T + m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times \Delta T + m_h \times L_f + m_{h \to H_2O} \times c_{H_2O} \times \Delta T$$

   Para calcular T_f se puede escribir la Ec. (2.1) de la siguiente manera y luego despejar:

$$Q_{absorbido} - 7000cal = 0 \to \mathbf{T_f = 9{,}85\,°C}$$

   Luego, con la Ec. (2.8) se despeja $\mathbf{T_i = 171{,}1}\,°$C.

16. Se desea elevar la temperatura de **200 l** de agua desde **10** °C a **70** °C. Suponiendo un conjunto de pérdidas del 25 %, calcular:

    a) **¿Qué cantidad de calor total se requiere?** *El calor total para este problema está dado como:*

    $$Q_T = Q_{H_2O} + Q_{pérdida} = m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times (T_f - T_i) + 0{,}25 \times Q_T \rightarrow \mathbf{Q_T = 16000\,kcal}$$

    b) **Si se calienta con gas de hulla cuyo calor de combustión es de** $5600\,\frac{kcal}{m^3}$**, ¿Cuántos** m^3 **han de quemarse?**

    $$Q_T = 5600\frac{kcal}{m^3} \cdot V \rightarrow \mathbf{V = 2{,}857\,m^3}$$

17. ¿Cuántas calorías se necesitan para fundir **20 gr** de hielo a **−10** °C, convirtiéndolo en vapor de agua a **100** °C?

    La Fig. 2.3 muestra el comportamiento de la transformación. El calor total se obtiene al sumar las etapas 1-2-3-4.

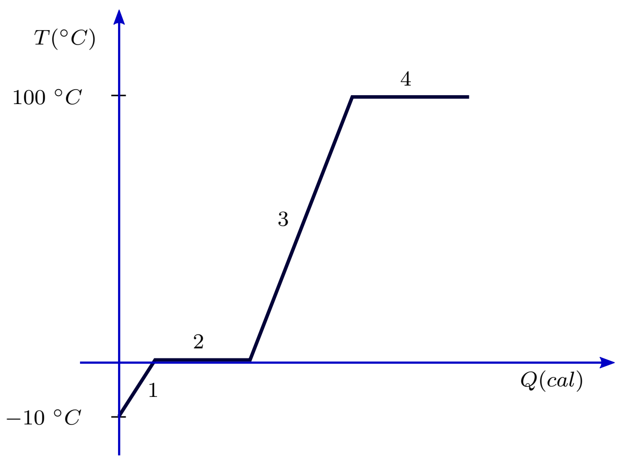

Figura 2.3: Etapas en la transformación del ejercicio 17

   a) **Calor para llevar el hielo de** $-10\,°C$ **a** $0\,°C$**.**

   $$Q_1 = m_h \times c_h \times [0 - (-10°C)] = 20gr \times 0{,}45\frac{cal}{gr.°C} \times 10\,°C = \mathbf{90\,cal}$$

   b) **Calor para fundir el hielo.**

   $$Q_2 = m_h \times L_f = 20\,gr \times 80\,\frac{cal}{gr} = \mathbf{1600\,cal}$$

   c) **Calor para llevar el** H_2O **de** $0\,°C$ **a** $100\,°C$

   $$Q_3 = m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times (100 - 0°C) = 20gr \times 1\frac{cal}{gr.°C} \times 100\,°C = \mathbf{2000\,cal}$$

d) **Calor para la evaporación.**

$$Q_4 = m_{H_2O} \times L_v = 20\,gr \times 540\,\frac{cal}{gr} = \mathbf{10800\,cal}$$

Finalmente:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \mathbf{14490\,cal}$$

18. **TAREA** Un vaso cuya capacidad calorífica es despreciable contiene **500 gr** de agua a **80** °C. Calcular cuántos **gr** de hielo a −**25** °C se deben dejar caer en el agua para que la temperatura final del sistema sea **50** °C. **R** = **104,3 gr**

19. **TAREA** Un recipiente aislado contiene **600gr** de agua a **18** °C. Luego se agregan **250 gr** de hielo a **0** °C, a) ¿Cuál es la temperatura final de la mezcla. b) ¿Cuánto hielo se funde? Suponga que no se pierde calor. **R: a)** **0** °C – **b)** **136 gr**.

20. Un cubo de hielo de **20 gr** a **0** °C se calienta hasta que **15 gr** se han convertido en agua a **100** °C y **5 gr** se han convertido en vapor a **100** °C. ¿Cuánto calor se necesitó para este proceso?

    El cubo de hielo pasa por los siguientes procesos:

$$\begin{aligned}
Q_1 &= m_h \times L_f = 20\,gr \times 80\,cal/gr = \mathbf{1600\,cal} \\
Q_2 &= m_h \times c_{H_2O} \times (100 - 0°C) = 20\,gr \times 1\frac{cal}{gr.°C} \times 100°C = \mathbf{2000\,cal} \\
Q_3 &= m_v \times L_v = 5\,gr \times 540\,cal/gr = \mathbf{2700\,cal} \\
Q_T &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = \mathbf{6300\,cal} \to \mathbf{26,37\,kJ}
\end{aligned}$$

21. Determine el estado final de la mezcla entre **20 gr** de hielo a **0** °C y **10 gr** de vapor a **100** °C.

    El vapor puede ceder cierta cantidad de energía al transformarse en agua a **100** °C*:*

$$Q_v = m_v \times L_v = 10\,gr \times 540\,cal/gr = \mathbf{5400\,cal}$$

Con el valor anterior se pueden averiguar los procesos de cambio que sufre el hielo al absorber esa cantidad:

$$\begin{aligned}
Q_{h1} &= m_h \times L_f = 20\,gr \times 80\,cal/gr = \mathbf{1600\,cal} \\
Q_{h2} &= m_{h\to H_2O} \times c_{H_2O} \times (100 - 0°C) = \mathbf{2000\,cal}
\end{aligned}$$

Sobran **1800 cal***, entonces cierta parte del agua pasa a vapor:*

$$1800\,cal = m_{H_2O\to vapor} \times L_v \to \mathbf{m_{H_2O\to vapor}} = \mathbf{3,33\,gr}$$

El estado final incluye los **10 gr** *de vapor que se transformaron en agua a* **100** °C*, los* (**20** − **3,33**)**gr** *de hielo que se transformaron en agua a* **100 °C** *y los* **3,33 gr** *de agua que se transformaron en vapor:*

$$\begin{aligned}
m_{H_2O} &= \mathbf{26,67\,gr\,(100\,°C)} \\
m_v &= \mathbf{3,33\,gr}
\end{aligned}$$

22. **TAREA** ¿Cuántas calorías deben proveerse a $\mathbf{60}\,\mathbf{gr}$ de hielo a $-\mathbf{20}\,°\mathrm{C}$ para fundirlo y elevar su temperatura a $\mathbf{40}\,°\mathrm{C}$? $\mathbf{R = 7760cal}$.

23. **TAREA** Un trozo de $\mathbf{200}\,\mathbf{gr}$ de hielo a $\mathbf{0}\,°\mathrm{C}$ se introduce en $\mathbf{500}\,\mathbf{gr}$ de agua a $\mathbf{20}\,°\mathrm{C}$. El recinto tiene una capacidad calorífica despreciable y está aislado del exterior. Calcular: a) ¿Cuál es la temperatura final del sistema? b) ¿Qué cantidad de hielo se funde?

    R: a) $\mathbf{0}\,°\mathbf{C}$; **b)** $\mathbf{200}\,\mathbf{gr}$.

24. **TAREA** Una vasija bien aislada contiene $\mathbf{200}\,\mathbf{gr}$ de hielo a $\mathbf{0}\,°\mathrm{C}$. Si se introducen en su interior $\mathbf{20}\,\mathbf{gr}$ de vapor a $\mathbf{100}\,°\mathrm{C}$. ¿Cuál es la temperatura final de equilibrio? ¿Queda algo de hielo? $\mathbf{R} = \mathbf{4{,}9}\,°\mathrm{C}$; **No**.

25. **TAREA** Calcular la temperatura final de equilibrio cuando $\mathbf{10}\,\mathbf{gr}$ de leche a $\mathbf{10}\,°\mathrm{C}$ se agregan a $\mathbf{160}\,\mathbf{gr}$ de café a $\mathbf{90}\,°\mathrm{C}$. Suponer que las capacidades caloríficas de los 2 líquidos son iguales a la del agua y despreciar la capacidad calorífica del recipiente. $\mathbf{R} = \mathbf{85}\,°\mathrm{C}$

26. **TAREA** Un operario necesita conocer la temperatura de un horno. Saca una barra de $\mathbf{m} = \mathbf{2}\,\mathbf{kg}$ de hierro del horno y la coloca en un recipiente de Aluminio de $\mathbf{m} = \mathbf{1}\,\mathbf{kg}$ que contiene $\mathbf{2}\,\mathbf{kg}$ de agua. Si la temperatura del agua sube de $\mathbf{21}\,°\mathrm{C}$ a $\mathbf{50}\,°\mathrm{C}$, calcular la temperatura del horno. (Despreciar otros intercambios de calor). $\mathbf{R} = \mathbf{334{,}48}\,°\mathrm{C}$

27. **TAREA** ¿Cuánto calor se requiere para evaporar totalmente $\mathbf{1}\,\mathbf{kg}$ de hielo que está a $-\mathbf{10}\,°\mathrm{C}$? $\mathbf{R} = \mathbf{724{,}5}\,\mathbf{kcal}$

28. **TAREA** Un recipiente de Aluminio de $\mathbf{m} = \mathbf{250}\,\mathbf{gr}$ para hacer cubos de hielo tiene $\mathbf{500}\,\mathbf{cm^3}$ de agua a $\mathbf{20}\,°\mathrm{C}$. Se introduce en el congelador de una heladera y llega a los $-\mathbf{5}\,°\mathrm{C}$. ¿Cuánto calor se ha quitado al agua y al recipiente? $\mathbf{R} = \mathbf{52{,}7}\,\mathbf{kcal}$

29. **TAREA** Un calorímetro está compuesto por un recipiente de Aluminio de $\mathbf{m} = \mathbf{220}\,\mathbf{gr}$, un agitador de bronce de $\mathbf{m} = \mathbf{150}\,\mathbf{gr}$ y un termómetro de vidrio de $\mathbf{m} = \mathbf{100}\,\mathbf{gr}$. Se introducen en el mismo $\mathbf{600}\,\mathbf{gr}$ de agua y $\mathbf{5}\,\mathbf{gr}$ de vapor de agua en equilibrio térmico. Calcular:

    a) π. $\mathbf{R} = \mathbf{81{,}59}\,\mathbf{gr}$

    b) ¿Qué m_{hielo} a $-\mathbf{20}\,°\mathrm{C}$ se deberá agregar para llegar a una $\mathbf{T_f} = \mathbf{60}\,°\mathrm{C}$? $\mathbf{R} = \mathbf{199{,}72}\,\mathbf{gr}$

    c) ¿Qué cantidad de calor absorbe esa masa, inicialmente de hielo, hasta llegar a la temperatura final? $\mathbf{R} = \mathbf{30{,}15}\,\mathbf{kcal}$

30. **TAREA** Se dispone de un calorímetro compuesto por un recipiente de Cobre de $\mathbf{m} = \mathbf{200}\,\mathbf{gr}$, un termómetro de vidrio de $\mathbf{m} = \mathbf{250}\,\mathbf{gr}$ y un agitador de Aluminio de $\mathbf{m} = \mathbf{200}\,\mathbf{gr}$. Contiene $\mathbf{30}\,\mathbf{gr}$ de hielo y $\mathbf{500}\,\mathbf{gr}$ de agua en equilibrio térmico. Luego se agrega una masa de vapor de agua a $\mathbf{100}\,°\mathrm{C}$ y se mide que la masa total de agua al final de la experiencia es de $\mathbf{545}\,\mathbf{gr}$. Calcular:

    a) π. $\mathbf{R} = \mathbf{111{,}75}\,\mathbf{gr}$

    b) Temperatura final. $\mathbf{R} = \mathbf{10{,}94}\,°\mathrm{C}$

    c) Calor cedido por la masa de vapor hasta llegar a la temperatura final. $\mathbf{R} = \mathbf{9420}\,\mathbf{cal}$

31. **TAREA** Si en el problema **28** se desea obtener el hielo en **15 minutos**, ¿qué potencia debería tener la heladera? (considerando un rendimiento del 50 %). $\mathbf{R = 490W}$ $(\mathbf{0,66HP})$

32. **TAREA** Un sistema de calefacción doméstico utiliza agua caliente para la transferencia de calor. Esta llega a los radiadores a **60** °C y sale a **38** °C. Se desea cambiar el sistema por otro de vapor de agua el cual se condensa en los radiadores y sale a **82** °C. Calcular cuantos kg de vapor de agua suministrarán igual calor que 1 kg de agua. $\mathbf{R = 0{,}0394\,gr}$

33. En un experimento de Joule una $\mathbf{m = 6\,kg}$ cae desde una altura de $\mathbf{50\,m}$ y hace girar una rueda de aspas que agita una masa de agua de $\mathbf{m = 0{,}6\,kg}$. Si el agua está inicialmente a **15** °C, ¿cuánto se elevará su temperatura?

En este caso, un cambio de energía potencial gravitatoria se traduce a un calentamiento del agua. La expresión de energía potencial gravitatoria es:

$$E_p = m \times g \times h, \tag{2.9}$$

El equilibrio de energía está dado por:

$$\begin{aligned}
&m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times \Delta T = m \times g \times h \\
&600\,gr \times 1\frac{cal}{gr.°C} \times \Delta T = \left[\frac{1\,cal}{4{,}186\,J}\right] \times 6\,kg \times 9{,}8\,\frac{m}{s^2} \times 50\,m \\
&\mathbf{\Delta T = 1{,}17\,°C}
\end{aligned}$$

34. Un automóvil que pesa $\mathbf{5880\,N}$ posee una velocidad de $\mathbf{180\frac{km}{h}}$. Calcular:

   a) **¿Cuántas kcal se producen en los frenos cuando se detiene?** *Con el teorema del Trabajo y la energía, Ec. (2.6), se puede calcular el trabajo que realizan los frenos:*

$$\begin{aligned}
W &= 0{,}5 \times m \times \Delta v \\
W &= 0{,}5 \times \frac{P}{g} \times (0 - 180\,\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} * \frac{m.\cancel{h}}{3{,}6\,s.\cancel{km}}) = \mathbf{-750\,kJ} \\
W &= -750\,kJ \times \frac{1\,cal}{4{,}186\,J} = \mathbf{179{,}16\,kcal}
\end{aligned}$$

   b) **TAREA** ¿Qué cantidad de agua podría calentarse desde **20 °C** a **80 °C** con esta cantidad de calor?
   $\mathbf{R = 2{,}98\,kg}$

Capítulo 3

Transformaciones en Gases

1. Expresar la constante universal de los gases $\mathbf{R = 0{,}08207\,\frac{atm \cdot litro}{mol \cdot K}}$ en: $\mathbf{\frac{Joule}{mol \cdot K}}$; $\mathbf{\frac{cal}{mol \cdot K}}$ y $\mathbf{\frac{kgm}{mol \cdot K}}$

   a) En $\mathbf{\dfrac{Joule}{mol.K}}$

   Siendo $\mathbf{1l \longrightarrow 1000cm^3}$ y $\mathbf{1atm \longrightarrow 1,013 \times 10^5\ Pa}$ $(Pa = \dfrac{N}{m^2})$

   $$R = 0{,}08207\,\frac{\cancel{atm}.\cancel{lt}}{mol.K} \times \frac{1,013 * 10^5\ N/\cancel{m^2}}{1\,\cancel{atm}} \times \frac{1 * 10^{-3}\cancel{m^3}}{1\,\cancel{lt}} = \mathbf{8,314}\ \left[\mathbf{\frac{Joule}{mol.K}}\right]$$

   b) En $\mathbf{\dfrac{cal}{mol.K}}$

   Siendo $\mathbf{1\,cal \longrightarrow 4{,}186\,J}$

   $$R = 8,314\,\frac{\cancel{Joule}}{mol.K} \times \frac{1\,cal}{4{,}186\,\cancel{Joule}} = \mathbf{1{,}985}\ \left[\mathbf{\frac{cal}{mol.K}}\right]$$

   c) En $\mathbf{\dfrac{kgm}{mol.K}}$

   Siendo $\mathbf{1\,kgm \longrightarrow 9{,}81\,J}$

   $$R = 8,314\,\frac{\cancel{Joule}}{mol.K} \times \frac{1\,kgm}{9{,}81\,\cancel{Joule}} = \mathbf{0{,}847}\ \left[\mathbf{\frac{kgm}{mol.K}}\right]$$

2. Un tanque de **30 l** contiene nitrógeno, cuya masa molar es $\mathbf{M_n = 28\,gr/mol}$, a una presión $\mathbf{p = 400\,kPa}$ y a una $\mathbf{T = 20\,°C}$. Al extraer una parte del nitrógeno del tanque, la presión desciende a **250 kPa**, mientras que la temperatura pasa a **8 °C**. Calcular:

   a) **La masa del nitrógeno extraída y la que había inicialmente en el tanque.** *La transformación sigue la curva de la Fig. 3.1. Se necesitan las siguientes ecuaciones:*

   $$p \times V = n \times R \times T, \qquad (\textit{Ecuación de Estado}) \tag{3.1}$$

   $$M_{molar} = \frac{m}{n}, \qquad (\textit{Masa molar}) \tag{3.2}$$

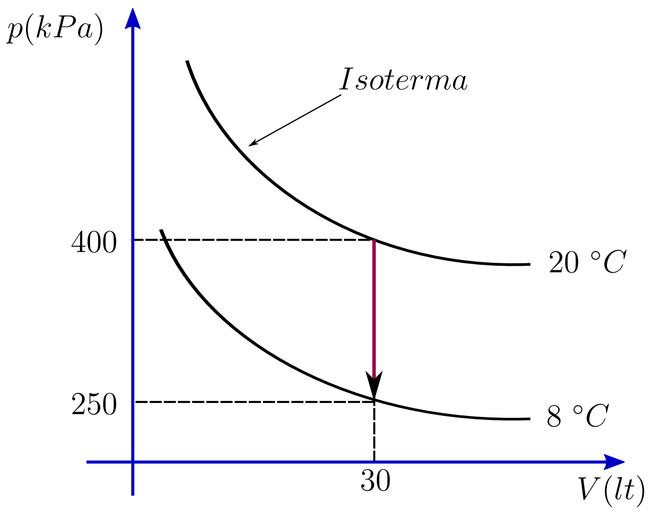

Figura 3.1: Esquema de la transformación del ejercicio 2

En base a las ecuaciones (3.1) y (3.2) se calculan las masas $m_{inicial}$ y m_{final}:

$$m_i = \frac{M_m.p_i.V_i}{R.T_i} \rightarrow m_i = \frac{400 \times 10^3 \frac{N}{\cancel{m^2}} * 30 \times 10^{-3} \cancel{m^3} * 28 \frac{gr}{\cancel{mol}}}{8{,}314 \frac{\cancel{N.m}}{\cancel{mol.K}} * 293{,}15 \cancel{K}} = \mathbf{137{,}86\,gr}$$

$$m_f = \frac{M_m.p_f.V_f}{R.T_f} \rightarrow m_i = \frac{250 \times 10^3 \frac{N}{\cancel{m^2}} * 30 \times 10^{-3} \cancel{m^3} * 28 \frac{gr}{\cancel{mol}}}{8{,}314 \frac{\cancel{N.m}}{\cancel{mol.K}} * 281{,}15 \cancel{K}} = \mathbf{89{,}84\,gr}$$

Finalmente $\rightarrow m_{ext} = m_i - m_f = \mathbf{48{,}02\,gr}$.

b) **Si la masa del nitrógeno extraída se pasa a otro tanque de $\mathbf{V = 15\,l}$, ¿Qué presión tendrá a $\mathbf{12\,°C}$?**

$$p = \frac{(m_{ext}/M_m).R.T}{V} = \frac{48{,}02 \cancel{gr} * 8{,}314 \frac{N.\cancel{m}}{\cancel{mol.K}} * 285{,}15 \cancel{K}}{28 \frac{\cancel{gr}}{\cancel{mol}} * 15 \times 10^{-3} m^{\cancel{3}2}} = \mathbf{271{,}05\,kPa}$$

3. **TAREA** Un recipiente con tapa de $\mathbf{V = 20\,l}$ contiene nitrógeno ($\mathbf{M_n = 28\,\frac{gr}{mol}}$) a $\mathbf{10\,°C}$ y $\mathbf{p_1 = 2\,atm}$. Se abre la tapa dejando escapar $\mathbf{0{,}25\,mol}$ de nitrógeno y se mide una nueva presión $\mathbf{p_2 = 1{,}5\,atm}$. Calcular:

   a) Masa inicial y final del nitrógeno. **R** : $\mathbf{m_i = 48,2\,gr}$ **y** $\mathbf{m_f = 41,2\,gr}$

   b) Temperatura final. $\mathbf{R = 248,6\,K}$

   c) Si a la masa de gas que queda en el recipiente se la lleva nuevamente a $\mathbf{10\,°C}$, ¿Cuál será el nuevo valor de la presión? $\mathbf{R = 1,7atm}$.

4. Un recipiente cuyo volumen es de $\mathbf{40\,l}$ contiene nitrógeno a una presión de $\mathbf{1{,}5\,\frac{kgr}{cm^2}}$ a una temperatura de $\mathbf{5\,°C}$. Determinar:

   a) **¿Cuál será la presión de esta misma masa si se la pasa a un recipiente cuyo volumen es de 400 l que se mantiene a 225 °C?**

En este caso no varían los números de moles en la transformación. Para el estado inicial y final:

$$n_i = \frac{p_i.V_i}{R.T_i} \qquad y, \quad p_f = \frac{n_i.R.T_f}{V_f}$$

Combinando ambas:

$$p_f = \frac{\frac{p_i.V_i}{\cancel{R}.T_i}.\cancel{R}.T_f}{V_f} = \frac{p_i.V_i.T_f}{T_i.V_f} = \frac{1{,}5\frac{kgm}{cm^2} * 40 \times 10^{-3}\, m^3 * 498{,}15\, K}{278{,}15\, K * 400 \times 10^{-3}\, m^3} = \mathbf{0{,}269}\, \frac{\mathbf{kgm}}{\mathbf{cm^2}}$$

b) **La masa del nitrógeno.**

$$m_N = n_i * M_m = \frac{p_i.V_i}{R.T_i} * M_m, \tag{3.3}$$

Se hace el pasaje de unidades y luego se calcula m_N con la Ec. (3.3):

$$p_i = 1{,}5\,\frac{\cancel{kgm}}{\cancel{cm^2}} * \frac{1\,\cancel{cm^2}}{1 \times 10^{-4}\, m^2} * \frac{9{,}81\, N}{1\,\cancel{kgm}} = 147150\frac{N}{m^2}$$

$$\mathbf{m_N = 71{,}3\, gr},$$

5. Un recipiente de **2 l** provisto de una llave contiene oxígeno ($\mathbf{M_o = 28\, \frac{gr}{mol}}$) a **300 K** y a una presión de **1 atm**. Se calienta el sistema hasta que alcanza una temperatura de **400 K**. En ese momento se abre la llave hasta que la presión se estabiliza con la atmosférica y luego se vuelve a cerrar, tras lo cual se deja enfriar el sistema hasta su temperatura inicial:

   a) **¿Cuál es la presión final del oxígeno del recipiente?**

Tabla 3.1: Etapas (1-4).

Estado inicial (1)	Se calienta (2)	Se estabiliza y pierde gas (3)	Se enfría (4)
$p_i.V_i = n_i \cdot R \cdot T_i$	$p_c.V_i = n_i \cdot R \cdot T_c$	$p_i.V_i = n_f \cdot R \cdot T_c$	$p_f.V_i = n_f \cdot R \cdot T_i$

Introduciendo (3) en (4) se puede despejar la p_f:

$$p_f = \frac{n_f.R.T_i}{V_i} = \frac{\left(\frac{p_i.V_i}{R.T_e}\right).R.T_i}{V_i} = \frac{p_i.T_i}{T_e} = \frac{1\, atm * 300\, K}{400\, K} = \mathbf{0{,}75\, atm}$$

   b) **¿Cuántos gramos de oxígeno quedaron en el recipiente y cuántos había inicialmente?**

$$m_f = n_f.M_m = \left(\frac{p_f.V_i}{R.T_i}\right).M_m$$

$$m_f = \left(\frac{0{,}75 atm * 2\, lt}{8{,}314\frac{N.m}{mol.K} * 300\, K}\right) * 32\frac{gr}{mol} * \left(\frac{1{,}013 \times 10^5\, \frac{N}{m^2}}{1\, atm}\right) * \left(\frac{1 \times 10^{-3}\, m^3}{1\, lt}\right) = \mathbf{1{,}95\, gr}$$

Siguiendo un procedimiento similar: $\mathbf{m_i = 2{,}60\, gr}$.

6. Una burbuja de aire se eleva desde el fondo de un lago en donde la presión es de **3,5 atm** y la $\mathbf{T = 7\,^\circ C}$ hasta la superficie, en donde la presión es **1 atm** y la $\mathbf{T = 27\,^\circ C}$. Calcule la razón del tamaño, es decir, el volumen de la burbuja cuando alcanza la superficie en relación al tamaño de la misma en el fondo del lago.

   La razón de volúmenes está dada por:

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{\cancel{n_i} \times \cancel{R} \times T_f}{p_f} \times \frac{p_i}{\cancel{n_i} \times \cancel{R} \times T_i} = \frac{T_f \times p_i}{T_i \times p_f} = \frac{300{,}15\,K \times 3{,}5\,atm}{280{,}15\,K \times 1\,atm} = \mathbf{3{,}75}$$

7. **TAREA** El volumen de un tanque de oxígeno es **50 l**. Cuando se saca oxígeno, la indicación de un manómetro desciende de **20,5 atm** a **6,8 atm** y la temperatura del gas que queda en el tanque baja de $\mathbf{30\,^\circ C}$ a $\mathbf{10\,^\circ C}$. Calcular:

   a) ¿Cuántos kg de oxígeno había inicialmente en el tanque? $\mathbf{R = 1,32\,kg}$

   b) ¿Cuántos kg se han extraído? $\mathbf{R = 0,85\,kg}$

   c) ¿Qué vol. ocupará el gas extraído del tanque a $\mathbf{p = 1\,atm}$ y $\mathbf{t = 20\,^\circ C}$? $\mathbf{R = 638,7\,l}$

8. Un gas ideal está encerrado en un cilindro que posee un émbolo móvil en su parte superior. Este émbolo tiene una $\mathbf{m = 800\,gr}$, un área de $\mathbf{5\,cm^2}$ y es libre de moverse hacia arriba o hacia abajo manteniendo constante la presión del gas. ¿Cuánto trabajo se hace si la temperatura de **0,2 moles** de gas se eleva de $\mathbf{20\,^\circ C}$ a $\mathbf{300\,^\circ C}$?

   Planteando la Ec. (3.1) para ambos estados (que son Isobáricos):

$$\begin{aligned} p_i \times V_i &= n \times R \times T_i \qquad (A) \\ p_i \times V_f &= n \times R \times T_f \qquad (B) \end{aligned}$$

Restamos miembro a miembro las ecuaciones, $(B) - (A)$*:*

$$\begin{aligned} p_i \times V_f - p_i \times V_i &= n \times R \times T_f - n \times R \times T_i \\ p_i \times (V_f - V_i) &= n \times R \times \Delta T \qquad (C) \end{aligned}$$

El trabajo en una transformación Isobárica está dado por la siguiente ecuación:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p.dV = p. \int_{V_i}^{V_f} dV = p \times (V_f - V_i) \tag{3.4}$$

NOTA: *La ecuación corresponde al trabajo realizado por el GAS* ***sobre*** *el émbolo. Si el trabajo se realiza sobre el gas, se acompaña la Ec. (3.4) con un signo menos.*

Relacionando la Ec. (C) y la Ec. (3.4):

$$W = n \times R \times \Delta T = 0{,}2\,\cancel{mol} \times 8{,}314 \frac{J}{\cancel{mol}.\cancel{K}} \times (573{,}15\,\cancel{K} - 293{,}15\,\cancel{K}) = \mathbf{465{,}36\,J}$$

9. **Un mol** de gas ideal se lleva a través del ciclo mostrado en la Fig. 3.2. Este consta de 3 partes; una expansión isotérmica $a \rightarrow b$, una compresión isobárica $b \rightarrow c$ y un aumento de la presión a volumen constante $c \rightarrow a$. Si $\mathbf{T = 30\,K}$, $\mathbf{p_a = 5\,atm}$ y $\mathbf{p_b = p_c = 1\,atm}$, determine el trabajo realizado por el gas durante el ciclo.

El trabajo en una expansión isotérmica está dado por:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p \times dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{n.R.T}{V} \times dV = n.R.T \times \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} = n.R.T \times \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \tag{3.5}$$

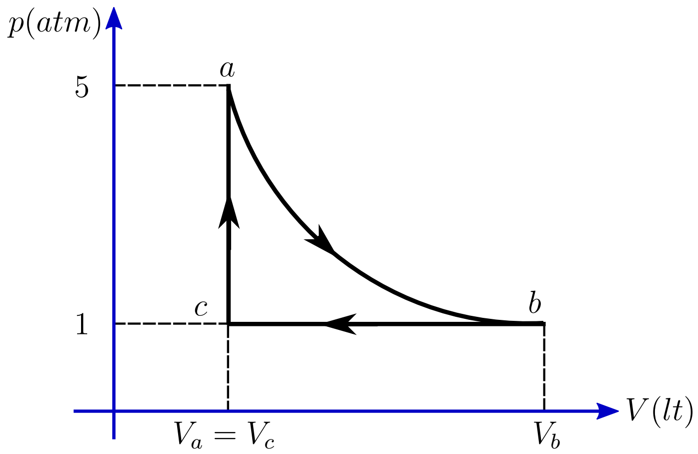

Figura 3.2: Esquema de la transformación del ejercicio 9

Aplicando la Ec. (3.5):

$$W_{ab} = n.R.T \times \ln\left(\frac{V_b}{V_a}\right) = n.R.T \times \ln\left(\frac{\frac{\cancel{n.R.T_b}}{p_b}}{\frac{\cancel{n.R.T_a}}{p_a}}\right) = 1\cancel{mol} \times 8{,}314\frac{J}{\cancel{mol}.\cancel{K}} \times 300\cancel{K} \times \ln\left(\frac{5\cancel{atm}}{1\cancel{atm}}\right)$$

$\mathbf{W_{ab} = 4012{,}33\,J}$

Para el cálculo del trabajo en la compresión isobárica W_{bc}, se aplica la Ec. (3.4):

$$W_{bc} = p_c.(V_c - V_b) = 1atm.\left[\underbrace{\frac{n.R.T_a}{p_a}}_{V_c=V_a} - \frac{n.R.T_b}{p_b}\right] = \mathbf{-1994{,}4\,J}$$

El $W_{ca} = 0$ *(isocórica)* $\rightarrow \mathbf{W_{CICLO} = W_{ab} + W_{bc} + W_{ca} = 2017{,}93\,J}$

10. **TAREA** Una muestra de **un mol** de gas ideal hace un trabajo de **3000 J** sobre el medio ambiente al expandirse isotérmicamente a una presión final de **1 atm** y un volumen final de **25 l**. Determine el volumen inicial y la temperatura del gas.

    R: 7,65 l y **305 K**

11. Se calientan **2** moles de oxígeno de **300 K** a **320 K** ¿Cuánto calor se transfirió al gas si el proceso ocurre a:

a) **Volumen constante**: *La capacidad calorífica a volumen constante está dada por:*

$$Q = n \times c_V \times \Delta T \tag{3.6}$$

Entonces:

$$Q = 2\,\cancel{mol} \times 21{,}1 \frac{J}{\cancel{mol}.\cancel{K}} \times (320\,\cancel{K} - 300\,\cancel{K}) = \mathbf{844\,J}$$

b) **Presión constante**: *La capacidad calorífica a presión constante está dada por:*

$$Q = n \times c_p \times \Delta T \tag{3.7}$$

Entonces:

$$Q = 2\,\cancel{mol} \times 29{,}4 \frac{J}{\cancel{mol}.\cancel{K}} \times (320\,\cancel{K} - 300\,\cancel{K}) = \mathbf{1176\,J}$$

12. Un mol de hidrógeno se calienta a presión constante de **300 K** a **420 K**. Calcule:

a) **Calor transferido al gas**. *Con la Ec. (3.7):*

$$Q = 1\,\cancel{mol} \times 29 \frac{J}{\cancel{mol}.\cancel{K}} \times (420\,\cancel{K} - 300\,\cancel{K}) = \mathbf{3480\,J}$$

b) **Trabajo realizado por el gas**. *Con la Ec. (3.4):*

$$W = p \times (V_f - V_i) = p \times \left[\frac{n.R.T_f}{p} - \frac{n.R.T_i}{p}\right] = n.R.\Delta T = \mathbf{1\,kJ}$$

c) **Aumento en la energía interna del gas**. *El primer principio de la Termodinámica expresa:*

$$Q = \Delta E_{int} + W, \tag{3.8}$$

NOTA: *nuevamente, esta ecuación expresa el* <u>*Trabajo realizado por el Gas*</u>*. Entonces:*

$$\Delta E_{int} = Q - W = \mathbf{2{,}48\,kJ},$$

13. **TAREA** En un cilindro de **1000 litros** de capacidad hay **1993 gr** de aire a **1 atm** y **0 °C** (en condiciones normales la densidad del aire es $\delta = \mathbf{1{,}293\,gr/l}$). Calcular:

a) Calor que hay que entregar a volumen cte. para que la temperatura aumente **10 °C**. $\mathbf{R = 2224,5\,cal}$

b) Calor que hay que entregar a presión constante para que la temperatura aumente **10 °C**. $\mathbf{R = 3111,6\,cal}$

c) Trabajo realizado para el punto (b). $\mathbf{R = 378,4\,kgm}$

d) Comparar el resultado de **c** con el W que resulta de aplicar el 1^{er} Prin. $\mathbf{R = 378,8\,kgm}$

Tomar $\mathbf{C_p = 4{,}99\,\frac{cal}{mol \cdot K}}$, $\mathbf{C_v = 1{,}99\,\frac{cal}{mol \cdot K}}$ y $\mathbf{M_{aire} = 29\,\frac{gr}{mol}}$.

14. **TAREA** Calcular la variación de energía interna de **100 gr** de oxígeno cuando se lo calienta de cualquier manera de **80 °C** a **100 °C** ($\mathbf{C_v = 5{,}03\,\frac{cal}{mol \cdot K}}$).

    $\mathbf{R = 1315, 9\,J}$

15. Un recipiente contiene **10 gr** de hidrógeno a **2 atm** y **7 °C**. Se lo calienta a volumen constante hasta **27 °C**. Calcular:

    a) **Cantidad de calor que se entregó.** *Primero se calcula el n° de moles:*

    $$n = \frac{m}{M_m} = \frac{10\,gr}{2{,}01\,\dfrac{gr}{mol}} = \mathbf{4{,}97\,mol}$$

    Mediante la Ec. (3.6) se calcula el calor a V=cte:

    $$Q = n \times c_V \times \Delta T = 4{,}97 \times 20{,}5 \frac{J}{mol.K} \times 20\,K = \mathbf{2040\,J} \rightarrow \mathbf{487{,}29\,cal}$$

    b) **Trabajo realizado por el gas.**

    Como se realiza a V=cte, el trabajo es **0**

    c) **Variación de la energía interna.** *A través del primer principio, Ec. (3.8):*

    $$\Delta E_{int} = Q - W = 487{,}29\,cal - 0 = \mathbf{487{,}29\,cal},$$

    d) **Presión final.** *Con la ecuación de estado y sabiendo que los moles y el volumen se mantienen constantes se obtiene la presión:*

    $$\frac{p_i}{T_i} = \frac{p_f}{T_f} \rightarrow p_f = \frac{p_i \times T_f}{T_i} = \frac{2\,atm \times 300{,}15\,K}{280{,}15\,K} = \mathbf{2{,}14\,atm}$$

16. **Dos moles** de gas ideal ($\gamma = \mathbf{1{,}40}$) se expanden cuasiestáticamente y adiabáticamente desde una presión de **5 atm** y un volumen **30 l**. Calcular:

    a) **¿Cuál es la presión final del gas?** *En un proceso Adiabático se cumple:*

    $$p_i \times V_i^{\gamma} = p_f \times V_f^{\gamma} \tag{3.9}$$

    γ: razón e calores específicos.

    Utilizando la Ec. (3.9) y despejando la p_f:

    $$p_f = p_i \times \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} = 5\,atm \times \left(\frac{12\,lt}{30\,lt}\right)^{1{,}4} = \mathbf{1{,}39 atm}$$

    b) **¿Cuáles son las temperaturas inicial y final?** *Para calcular las temperaturas se aplica la Ec. (3.1) en ambos estados:*

    $$T_i = \frac{p_i \times V_i}{n \times R} = \frac{5\,atm * 1{,}013 \times 10^5\,Pa * 12 \times 10^{-3}\,m^3}{2\,mol * 8{,}314 \frac{J}{mol.K}} = \mathbf{366\,K}$$

    $$T_f = \frac{p_f \times V_f}{n \times R} = \mathbf{254\,K}$$

17. Un gas ideal ($\gamma = \mathbf{1{,}40}$) se expande cuasiestáticamente y adiabáticamente. Si la temperatura final es $\frac{1}{3}$ de la inicial, calcular:

    a) **¿En qué factor cambia el volumen?** *En un proceso Adiabático se cumple:*

    $$T_i \times V_i^{\gamma-1} = T_f \times V_f^{\gamma-1} \tag{3.10}$$

    Despejando el factor V_f/V_i:

    $$\frac{V_f}{V_i} = \sqrt[\gamma-1]{\frac{T_i}{T_f}} = \mathbf{15{,}6}$$

    b) **¿En qué factor cambia la presión?** *De la Ec. (3.9) se despeja el factor p_f/p_i:*

    $$\frac{p_f}{p_i} = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{(\gamma-1)} = \mathbf{0{,}0214}$$

18. Un cilindro de un motor Diesel al comenzar la carrera de compresión contiene aire a **1 atm** y **20 °C**. Calcular la temperatura y presión al final de la carrera sabiendo que la compresión es de **15** : **1**. Suponer que el aire se comporta como un gas ideal y que la compresión es adiabática.

    Como el gas se comprime, se cumple $V_i > V_f$ y, $p_f > p_i$. En base a esto, se calcula la p_f:

    $$p_f = p_i \times \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} = 1\,atm \times 15^{1{,}4} = \mathbf{44{,}3\,atm}$$

    Luego:

    $$T_f = T_i \times \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 293{,}15\,K \times 15^{0{,}4} = \mathbf{T_f = 866\,K}$$