1.- Un émbolo de 40 cm de diámetro avanza 5 cm bajo una presión de 10 atm. ¿Cuántas calorías corresponderán a este trabajo?

Sabemos que el trabajo termodinámico, es el producto de la presión y la variación de volumen:

$$W = - p\Delta V$$

Podemos calcular el volumen del cilindro, que será la variación del volumen del trabajo:

$$V = \pi R^2 h \rightarrow V = \pi(0{,}2m)^2 \cdot 0{,}05m \rightarrow \Delta V = 6{,}28\cdot 10^{-3}\, m^3$$

Puesto que el volumen lo tenemos expresado en unidades del sistema internacional, haremos lo mismo con la presión:

$$p = 10\ \text{atm} \cdot \frac{101325\ \text{Pa}}{1\ \text{atm}} = 1{,}013 \cdot 10^6\,\text{Pa}$$

Calculamos el trabajo:

$$W = - 1{,}013\cdot 10^6 Pa \cdot 6{,}28\cdot 10^{-3}\ m^3 \rightarrow W = 6361{,}6J\cdot \frac{1cal}{4{,}18J} = 1521{,}9\ cal$$

2.- En un recipiente que contiene 300 gramos de agua a 10ºC, se añaden 200 gramos de agua a 60ºC. Calcular:

a) La temperatura del equilibrio.
b) El calor cedido por el cuerpo caliente.
c) El calor ganado o absorbido por el cuerpo frío.

Dato: Ce = 1cal / gºC

El calor cedido o absorbido, posee la siguiente expresión:

$$Q = mCe\Delta T$$

Indicamos la expresión del calor absorbido, por el cuerpo que está a menor temperatura:

$$Q = 300g\cdot 1cal/g^{o}C\cdot(T - 10^{o}C)$$

Indicamos la expresión del calor cedido por el cuerpo que está a más temperatura:

$$Q = 200g\cdot 1cal/g^{o}C\cdot(60^{o}C - T).$$

Puesto que el calor cedido y absorbido es el mismo:

$$300g\cdot 1cal/g^{o}C\cdot(T - 10^{o}C) = 200g\cdot 1cal/g^{o}C\cdot(60^{o}C - T)$$

$$300T - 3000 = -200T + 12000 \rightarrow 500T = 15000 \rightarrow T = 30ºC$$

Calculamos los calores cedidos o absorbidos:

$$Q = 300g\cdot 1cal/gºC\cdot(T - 10ºC) \rightarrow Q = 300g\cdot 1cal/gºC\cdot(30ºC - 10ºC) = 6000\ cal$$

$$Q = 200g\cdot 1cal/gºC\cdot(60ºC - T) \rightarrow Q = 200g\cdot 1cal/gºC\cdot(60ºC - 30ºC) = 6000\ cal$$

3.- Una bala de plomo de 40 gramos que se mueve horizontalmente a 180 m /s choca contra un muro, deteniéndose. Si toda su energía cinética se convierte en energía térmica, ¿cuánto se calentará?

Dato: C_{Hg} = 140 J /kg K

En primer lugar calculamos la energía cinética de la bala, cuando impacta con la pared:

$$Ec = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow Ec = \frac{1}{2}\ 0{,}04kg\cdot(180\ m/s)^2 \rightarrow Ec = 648J$$

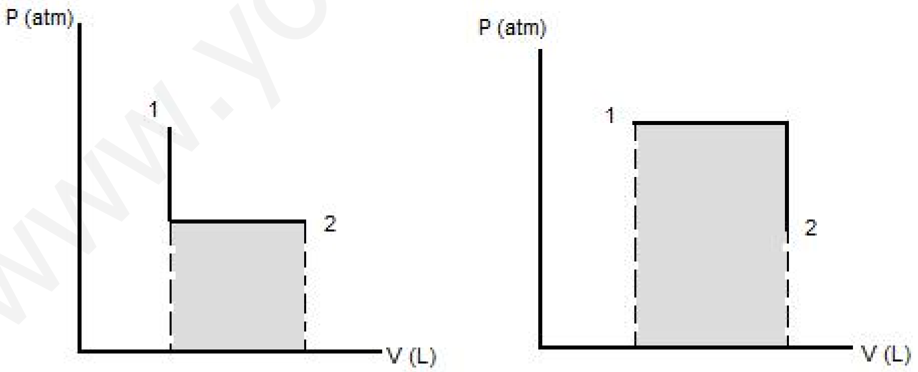
Toda esta energía es calor, luego Q = 648 J.

De la expresión del calor:

$$Q = mCe\Delta T \rightarrow \Delta T = Q/mCe$$

$$\Delta T = \frac{648J}{0{,}04kg\cdot 140\ J/kgK} \rightarrow \Delta T = 115{,}7K$$

4.- Calcula el trabajo de los procesos indicados en la figura si p_1 = 3 atm, V_1 = 500 cm^3, p_2 = 1 atm y V_2 = 2000cm^3.



a) Calcularemos el trabajo para el primer proceso, que será la suma de las dos etapas, que generan el proceso.

En primer lugar, la primera etapa, vemos que es a volumen constante (etapa isocora), por tanto el trabajo es cero.

La segunda etapa es a presión constante (etapa isobárica), y el trabajo será:

$$W = -p\Delta V \rightarrow W = -1\ atm\ (2L - 0{,}5L) \rightarrow W = -1{,}5\ atmL$$

$$W = -1{,}5\ atmL\cdot\frac{101{,}325J}{1\ atmL} = -152J$$

El trabajo total del primer proceso es de – 152J. Por lo tanto es un trabajo que realiza el sistema.

b) Para el segundo proceso, el trabajo será la suma de sus dos etapas. La primera etapa es a presión constante, y la segunda a volumen constante, por tanto el trabajo de la segunda etapa será cero.

$$W = -p\Delta V \rightarrow W = -3\ atm\ (2L - 0{,}5L) \rightarrow W = -4{,}5\ atmL$$
$$W = -4{,}5\ atmL \cdot \frac{101{,}325 J}{1\ atmL} = -456J$$

El trabajo al ser negativo, es un trabajo realizado por el sistema.

5.- Un cilindro cerrado con un pistón si rozamiento contiene 3 moles de helio gaseoso a una presión de 1 atm, y es introducido en un baño grande a la temperatura constante de 400 K. La presión aumenta reversiblemente hasta las 5 atm. Calcula el trabajo, calor y energía interna del proceso.

Al ser un proceso a temperatura constante, es decir, un proceso isotérmico, la energía interna del sistema es cero. ($\Delta U = 0J$).

Por tanto aplicando la primera ley de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow 0 = Q + W \rightarrow Q = -W$$

En un proceso isotérmico, el trabajo lo podemos calcular mediante la siguiente expresión:

$$W = -nRT \ Ln\ V_2 / V_1$$

Puesto que el problema no nos da volúmenes pero sí presiones, aplicamos la ley de Boyle de los gases:

$$p_1V_1 = p_2V_2 \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Por tanto la expresión para calcular el trabajo en un proceso isotérmico queda como:

$$W = -nRT \ Ln\ p_1 / p_2$$

El trabajo será:

$W = -3\ moles \cdot 8{,}31 J/K\ mol \cdot 400K\ Ln\ 1\ atm / 5\ atm \rightarrow W = 16049{,}3\ J$

Como el calor es igual al menos trabajo: $Q = -16049{,}3J$.

6.- Un cilindro de 825cm^3 provisto de un émbolo móvil contiene 6,72 gramos de nitrógeno gaseoso a 25ºC. Se le comunica un calor de 32J, de modo que su temperatura aumenta hasta 41,4ºC. Calcula:

a) **Los moles de nitrógeno que contiene y la presión inicial.**
b) **El trabajo realizado.**
c) **La variación de energía interna que experimenta el sistema.**

Dato M_N = 14 uma

a) Moles = masa / masa molecular:

n = 6,72g / (2·14g / mol)→ n = 0,24 moles.

Para calcular la presión inicial, utilizamos la ecuación de los gases ideales o de Clapeyron:

pV = nRT → p = nRT /V → (0,24mol·0,082 atmL/ molK·298K)/0,825L →
p = 7,1atm

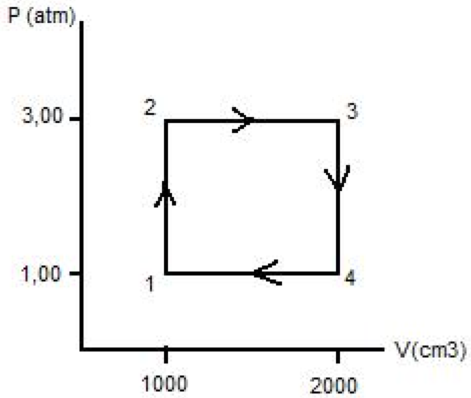
b) Calculamos el trabajo:

W = - pΔV → W = - nRΔT → W = - 0,24 mol·8,31J /molK·(314,4K – 298K) →
W = - 32,71J

c) Aplicando el primer principio de la termodinámica:

ΔU = Q + W → ΔU = 32J – 32,71J → ΔU = - 0,71J.

7.- Suponga que 0,1 moles de una gas perfecto con Cv = 1,5R, y Cp = 2,5R, experimenta el proceso cíclico reversible 1→ 2→3→4→1, que se muestra en la figura. Calcula el trabajo (W), calor (Q), y energía interna (U), de cada proceso, y del ciclo completo.



En primer lugar calculamos las temperaturas de cada etapa, utilizando la ecuación de los gases ideales pV = nRT (→ T = pV /nR)

T_1 = 1 atm·1L / 0,082 amtL /molK·0,1mol → T_1 = 121,95K
T_2 = 3 atm·1L / 0,082 amtL /molK·0,1mol → T_2 = 365,85K
T_3 = 3 atm·2L / 0,082 amtL /molK·0,1mol → T_3 = 731,7K
T_4 = 1 atm·2L / 0,082 amtL /molK·0,1mol → T_4 = 243,9K

Analizamos el trabajo, calor y energía interna por etapas:

- **Etapa 1 → 2:**

W = - pΔV. Al ser un proceso a volumen constante (proceso isocórico), el trabajo es cero $W_{1\to 2}$ = 0J.

$Q = nCv\Delta T \rightarrow Q = 0{,}1\ mol \cdot 1{,}5 \cdot 8{,}31 J/molK \cdot (365{,}85K – 121{,}95K) \rightarrow$
$Q_{1\rightarrow 2} = 304J$

Según el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U_{1\rightarrow 2} = 304J + 0J \rightarrow \Delta U_{1\rightarrow 2} = 304J$$

- **Etapa 2 → 3:**

Es un proceso a presión constante, o proceso isobárico.
$W = - p\Delta V \rightarrow - 3\ atm \cdot (2L – 1L) \rightarrow W_{2\rightarrow 3} = - 3\ atmL \cdot \frac{101{,}325J}{1\ atmL} = - 303{,}96J$

$Q = nCp\Delta T \rightarrow Q = 0{,}1\ mol \cdot 2{,}5 \cdot 8{,}31 J/molK \cdot (731{,}7K - 365{,}85K) \rightarrow Q_{2\rightarrow 3} = 760{,}1J$

Según el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U_{2\rightarrow 3} = 760{,}1J – 303{,}96J \rightarrow \Delta U_{2\rightarrow 3} = 456{,}1J$$

- **Etapa 3 → 4:**

$W = - p\Delta V$. Al ser un proceso a volumen constante (proceso isocórico), el trabajo es cero $W_{3\rightarrow 4} = 0J$.

$Q = nCv\Delta T \rightarrow Q = 0{,}1\ mol \cdot 1{,}5 \cdot 8{,}31 J/molK \cdot (243{,}9K – 731{,}7K) \rightarrow$
$Q_{3\rightarrow 4} = - 608{,}04J$

Según el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U_{3\rightarrow 4} = - 608{,}04J + 0J \rightarrow \Delta U_{3\rightarrow 4} = - 608{,}04J$$

- **Etapa 4 → 1:**

Es un proceso a presión constante, o proceso isobárico.
$W = - p\Delta V \rightarrow - 1\ atm \cdot (1L – 2L) \rightarrow W_{4\rightarrow 1} = 1\ atmL \cdot \frac{101{,}325J}{1\ atmL} = 101{,}32J$

$Q = nCp\Delta T \rightarrow Q = 0{,}1\ mol \cdot 2{,}5 \cdot 8{,}31 J/molK \cdot (121{,}95K – 243{,}9K) \rightarrow$
$Q_{4\rightarrow 1} = - 253{,}4J$

Según el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W \rightarrow \Delta U_{4\rightarrow 1} = - 253{,}4J + 101{,}32J \rightarrow \Delta U_{4\rightarrow 1} = - 152{,}1J$$

- **Ciclo completo:**

$$W_T = \Sigma W \rightarrow W_T = W_{1\rightarrow 2} + W_{2\rightarrow 3} + W_{3\rightarrow 4} + W_{4\rightarrow 1}$$
$$W_T = 0J – 303{,}96J + 0J + 101{,}33 \rightarrow W_T = - 202{,}63J$$

$$Q_T = \Sigma Q \rightarrow Q_T = Q_{1\rightarrow 2} + Q_{2\rightarrow 3} + Q_{3\rightarrow 4} + Q_{4\rightarrow 1}$$
$$Q_T = 304J + 760{,}1J – 608{,}04J – 253{,}35J \rightarrow Q_T = 202{,}71J$$

$$\Delta U_T = \Sigma \Delta U \rightarrow \Delta U_T = \Delta U_{1\rightarrow 2} + \Delta U_{2\rightarrow 3} + \Delta U_{3\rightarrow 4} + \Delta U_{4\rightarrow 1}$$
$$\Delta U_T = 0J$$

En todo proceso cíclico, la variación de energía interna es cero, ya que es una función de estado, que solamente depende del estado final e inicial. Puesto que en un proceso cíclico, el estado inicial y final es el mismo, la diferencia es cero, y por tanto la variación de energía interna es cero.

8.- Un motor de vapor trabaja entre 500ºC y 270ºC. ¿Cuál es su eficiencia máxima posible?

Previamente pasamos las temperaturas a kelvin:

500ºC = 773K
270ºC = 543K
$e = 1 - Qc / Qf \rightarrow e = 1 - T_m / T_M \rightarrow e = 1 - 543K / 773K \rightarrow e = 0{,}3$

El rendimiento es del 30%

9.- Halla el rendimiento de una máquina térmica que funciona entre 180ºC y 35ºC. Calcula también la temperatura del foco caliente para que el rendimiento sea del 60%, si se mantiene constante la temperatura del foco frío.

a) $e = e = 1 - Qc / Qf \rightarrow e = 1 - T_m / T_M \rightarrow e = 1 - 308K / 453K \rightarrow e = 0{,}32$.

Es decir el rendimiento es del 32%

b) $e = 1 - T_m / T_M \rightarrow 0{,}6 = 1 - 308 / T_M \rightarrow 308 / T_M = 0{,}4 \rightarrow T_M = 770K =$ 497ºC