

Relación de problemas: **SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA.**

1) Una máquina térmica con una producción de 200 J en cada ciclo tiene un rendimiento del 30 %. La máquina trabaja a una velocidad de 10 ciclos por segundo:

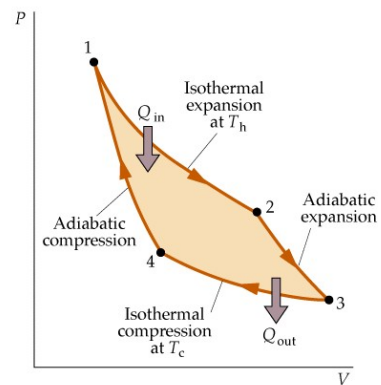
- ¿Cuál es la potencia de la máquina térmica?
- ¿Cuánto calor hay que suministrar a la máquina por segundo?
- ¿Cuánto calor cede la máquina al foco frío por segundo?

2) Un motor de Carnot trabaja entre dos focos térmicos a temperaturas $T_c=300$ °K y $T_f=200$ °K.

- ¿Cuál es el rendimiento de esa máquina?
- Si absorbe 100 J del foco caliente durante cada ciclo, ¿cuánto trabajo realiza?, ¿cuanto calor cede durante cada ciclo?
- ¿Cuál es el coeficiente de eficacia de la máquina cuando trabaja como refrigerador entre esos dos focos?.

3) La figura representa la evolución de un gas ideal en una máquina térmica (ciclo de Carnot). El foco caliente está 427 °C y su rendimiento es 0'4. Se observa que la potencia es de 14 CV si hace 200 ciclos por segundo. Calcule:

- Temperatura del foco frío.
- Calor tomado del foco caliente y cedido al foco frío (procesos 3-4 y 4-1).



4) 10 Kg. de agua a 80 °C se mezclan con 5 Kg. de hielo a -8 °C. Si el calor de fusión del hielo es de 80 cal/gr, determínese, al considerar que la mezcla se realiza en un recipiente aislado:

- Temperatura final de la mezcla.
 - Variación de entropía del agua.
 - Variación de entropía del hielo.
 - Variación de entropía total del sistema agua-hielo.
- ¿Es reversible el proceso de mezcla?.

5) Un bloque de aluminio de 1 Kg de masa, inicialmente a 80 °C se introduce en 1 Kg de agua inicialmente a 0 °C siendo $c_{AL}=0'91$ kJ/Kg °K.

- ¿Cuál es la temperatura final de equilibrio?.
- ¿Cuál es la variación de la entropía del universo?.

6) Un motor térmico funciona con n moles de un gas ideal y verifica el siguiente ciclo: partiendo de las condiciones iniciales (P_o, V_o, T_o) realiza un proceso a volumen constante hasta alcanzar una presión de $2 P_o$; en un segundo paso verifica un proceso a presión constante hasta un volumen de $2 V_o$; en un tercer paso a volumen constante alcanza una presión de P_o y finalmente retorna al estado inicial en un proceso a presión constante. Suponiendo $C_v=3$ cal/mol °K:

- calcule para cada uno de los cuatro procesos el calor absorbido, trabajo realizado y variación de entropía del sistema; así mismo comprobar los resultados verificando que $\Delta U_T = \Delta S_T = 0$ por ser el proceso cíclico y S y U funciones de estado.
- calcule el rendimiento del ciclo.

7) Una máquina que utiliza un mol de un gas ideal de $C_v = 5R/2$, efectúa un ciclo que consta de tres etapas: una expansión adiabática desde un estado inicial de 2'64 atm y 10 L (estado 1) hasta una presión final de 1 atm (estado 2), una compresión a presión constante hasta su volumen original de 10 L (estado 3), un calentamiento a volumen constante hasta su presión original, 2'64 atm.

- Dibuje el ciclo en un diagrama PV y calcule V_2 , T_1 , T_2 y T_3 .
- Calcule los calores, trabajos y variaciones de entropía puestas en juego en cada proceso.
- Calcule ΔU_T y ΔS_T .
- Calcule el rendimiento del ciclo.

8) Una máquina que utiliza un mol de un gas ideal inicialmente a $V_1 = 24'6$ L y $T_1 = 400$ °K trabaja en un ciclo consistente en cuatro etapas: (A) expansión isotérmica hasta dos veces su volumen, (B) enfriamiento hasta una temperatura de 300 °K a volumen constante, (C) compresión isotérmica hasta su volumen original y (D) calentamiento a volumen constante hasta su temperatura original de 400 °K. Suponga que $C_v = 21$ J/°K×mol.

Identificaremos los estados por números (estado 1, 2, 3, 4) y a los procesos con letras (A, B, C, D). Con esta notación:

- dibuje este ciclo en un diagrama PV y calcule los valores de P_1 , P_2 , P_3 , P_4 .
- calcule los calores, trabajos y variaciones de entropía puestas en juego.
- calcule ΔU_T y ΔS_T
- calcule el rendimiento del ciclo.

9) Un mol de un gas ideal de $\gamma = 5/3$ verifica un ciclo de Carnot determinado por los siguientes estados 1, 2, 3 y 4 correspondientes al diagrama PV:

$$(P_1, V_1) = (7 \text{ atm}, 10 \text{ L}); (P_2, V_2) = (6 \text{ atm}, 11'67 \text{ L});$$

$$(P_3, V_3) = (3'94 \text{ atm}, 15 \text{ L}); (P_4, V_4) = (4'58 \text{ atm}, 12'88 \text{ L}).$$

a) Dibuje el ciclo en un diagrama PV y compruebe con las ecuaciones de proceso de las curvas isotérmicas y adiabáticas que esos puntos pueden ser, en principio, correctos.

b) Calcule las temperaturas correspondientes a los dos procesos isotermos y, a partir de ahí, calcule el rendimiento teórico del motor de Carnot.

- Calcule los calores, trabajos y variaciones de entropía en cada uno de los procesos.
- Calcule ΔU_T y ΔS_T .

f) Calcule el rendimiento del ciclo a partir de los calores y trabajos calculados en el apartado c) y compruebe que este resultado coincide con el calculado en el apartado b).

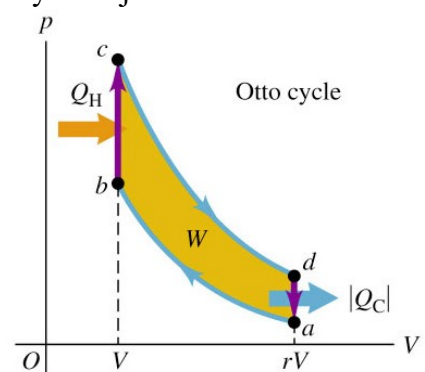
10) Un Kg de aire (Masa molecular del aire = 29×10^{-3} Kg/mol) verifica un ciclo de Otto (ciclo verificado por los motores de gasolina), que tiene una relación de compresión $e = V_1/V_2 = 8$ partiendo de un estado 1 caracterizado por una presión de 1.05×10^5 N/m² y una temperatura $T_1 = 323.15$ °K. La presión P_3 es de 3500 kN/m² y el coeficiente $\gamma = 1.4$. El diagrama refleja dicho ciclo. A partir de ahí calcule:

a) P_2 , P_4 , V_1 , V_2 , T_2 , T_3 y T_4 .

b) el rendimiento teórico de un ciclo de Otto viene dado por la expresión $\eta = 1 - (1/e^{(\gamma-1)})$; calcule dicho rendimiento teórico.

c) los calores, trabajos y variaciones de entropía en cada uno de los procesos.

- ΔU_T .
- ΔS_T .



- $a \rightarrow b$: Compression stroke (adiabatic compression)
- $b \rightarrow c$: Ignite fuel (heating at constant volume)
- $c \rightarrow d$: Power stroke (adiabatic expansion)
- $d \rightarrow a$: Reject heat to environment (cooling at constant volume)

f) el rendimiento del ciclo en función de los calores y trabajos y compruebe que sale lo mismo que en b).

11) Una máquina calorífica trabaja cíclicamente entre dos focos a 400 °K y 200 °K. La máquina absorbe 1000 J del foco caliente y realiza un trabajo de 200 J en cada ciclo:

- ¿Cual es el rendimiento de esta máquina?
- ¿Cual es la variación de entropía de la máquina, de cada foco y del universo para cada ciclo?
- ¿Cual sería el rendimiento de una máquina de Carnot que trabajase entre esos dos focos, ¿Cuánto trabajo realizaría una máquina de Carnot en cada ciclo si absorbiera 1000 J del foco caliente?
- Demuéstrese que la diferencia de trabajo realizado por la máquina de Carnot y la máquina original es de $T_F \cdot \Delta S_u$ donde ΔS_u es la variación de entropía del universo.

SOLUCIONES.

- a) 2000 W; b) 6667 J; c) 4667 J.
- a) 33'3 %; b) trabajo realizado = 33'3 J; calor cedido = 66'6 J; c) 2.
- a) 147 °C; b) $Q_c = 128'8$ J y $Q_f = 10'48$ cal.
- a) 25'3 °C; b) -7.07 KJ/°K; c) 8'26 KJ/°K; d) 1'19 KJ/°K; el proceso es irreversible.
- a) 14'3 °C; b) 0'033 KJ/°K.
- a) $W_A = 0$, $Q_A = 1'5 nRT_o$ J, $\Delta S_A = 1'5 nR \cdot \ln 2$ J; $W_B = 2 P_o V_o$ J, $Q_B = 5 nRT_o$, $\Delta S_B = 2'5 nR \cdot \ln 2$; $W_c = 0$, $Q_C = -3 nRT_o$, $\Delta S_C = -1'5 nR \cdot \ln 2$; $W_D = -P_o V_o$, $Q_D = -2'5 nRT_o$, $\Delta S_D = -2'5 nR \cdot \ln 2$.
b) 15'3%
- a) 20 L, 321'9 °K, 243'9 °K, 121'9 °K. b) $W_A = 1620'8$ J, $Q_A = 0$, $\Delta S_A = 0$. $W_B = -1013$ J, $Q_B = -3549$ J, $\Delta S_B = -20'16$ J/K. $W_C = 0$, $Q_C = 4157$ J, $\Delta S_C = 20'17$ J/K.
c) 0 J. d) 0 J/K.
- a) 1'33 atm, 0'66 atm, 0'5 atm, 1 atm. b) $W_A = Q_A = 2305$ J, $\Delta S_A = 5'76$ J/K. $W_B = 0$, $Q_B = -2100$ J, $\Delta S_B = -6'04$ J/K. $W_C = Q_C = -1729$ J, $\Delta S_C = -5'76$ J/K. $W_D = 0$, $Q_D = 2100$ J, $\Delta S_D = 6'04$ J/K. c) 0 J; d) 0 J/K. e) 13 %.
- b) 853'6 °K, 720'7 °K, 15'57 %. c) $Q_A = W_A = 1096$ J, $\Delta S_A = 1'28$ J/K. $W_B = 1659$ J, $Q_B = 0$, $\Delta S_B = 0$. $Q_C = W_C = -913$ J, $\Delta S_C = -1'266$ J/K. $Q_D = 0$, $W_D = -1673$ J, $\Delta S_D = 0$.
d) aprox 0 J. e) aprox 0 J/K. f) 15.57 %
- a) 19'04 atm, 1'87 atm, 881'9 L, 110,23 L, 742'34 °K, 1347 °K, 586'35 °K.
b) 56'4 %.
c) $W_A = -300132$ J, $Q_A = 0$, $\Delta S_A = 0$. $W_B = 0$, $Q_B = 433332$ J, $\Delta S_B = 427$ J/K. $W_C = 546835$ J, $Q_C = \Delta S_C = 0$. $W_D = 0$, $Q_D = -188627$ J, $\Delta S_D = -426'9$ J/K.
d) 0 J. e) 0 J/K. f) 56'9 %.
- a) 20 %. b) 0 J/K, -2'5 J/K (foco caliente), 4 J/K (foco frío), 1'5 J/K (universo),
c) 50 %, 300 J.