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:

a) ¿Cuál es la potencia de la máquina térmica?

b) ¿Cuánto calor hay que suministrar a la máquina por segundo?

c) ¿Cuánto calor cede la máquina al foco frío por segundo?

2) Se tienen dos máquinas térmicas: la máquina A tiene un rendimiento del 35 % y la máquina B del 42 %. La máquina A funciona a una velocidad de 20 ciclos por segundo y la máquina B a una velocidad de 10 ciclos por segundo. Por otra parte el trabajo realizado en cada ciclo por las dos máquinas es el mismo y es de 2000 J. Dos compradores desean una máquina térmica. Don Julián busca la que suponga un mayor ahorro y don Fernando la que suministre mayor potencia. ¿Qué máquinas comprarán don Julián y don Fernando?.

3) Un motor de Carnot trabaja entre dos focos térmicos a temperaturas T_c=300 ºK y T_f=200 ºK.

a) ¿Cuál es el rendimiento de esa máquina?.

b) Si absorbe 100 J del foco caliente durante cada ciclo, ¿cuánto trabajo realiza?, ¿cuanto calor cede durante cada ciclo?

c) ¿Cuál es el coeficiente de eficacia de la máquina cuando trabaja como refrigerador entre esos dos focos?.

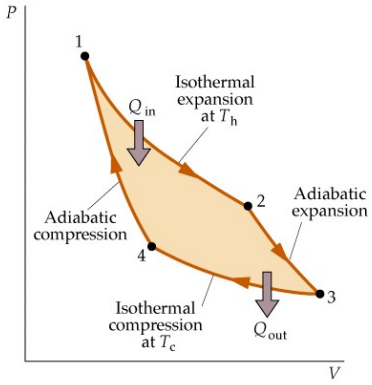
4) a) ¿Qué es lo que produce un mayor aumento en el rendimiento de una máquina de Carnot, un incremento de 5 ºK en la temperatura del foco caliente o una disminución de 5 ºK en la temperatura del foco frío? (en cada caso se mantiene el otro foco fijo).

b) ¿Se puede generalizar el resultado obtenido a un incremento genérico T de la temperatura?.

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

a) Temperatura del foco frío.

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



6) 10 Kg. de agua a 80 ºC se mezclan con 5 Kg. de hielo a -8 ºC. Si el calor de fusión del hielo es de 80 cal/gr, determínese, al considerar que la mezcla se realiza en un recipiente aislado:

a) Temperatura final de la mezcla.

b) Variación de entropía del agua.

c) Variación de entropía del hielo.

d) Variación de entropía total del sistema agua-hielo.

¿Es reversible el proceso de mezcla?.

7) Un bloque de aluminio de 1 Kg de masa, inicialmente a 80 ºC se introduce en 1 Kg de agua inicialmente a 0 ºC siendo c_{AL}= 0'91 kJ/Kg ºK.

a) ¿Cuál es la temperatura final de equilibrio?.

b) ¿Cuál es la variación de la entropía del universo?.

8) Suponga que la entropía del agua es cero cuando se encuentra en fase líquida a 0 ºC y a la presión atmosférica:

a) ¿Cuanto calor se debe suministrar a 1 kg de agua para elevar su temperatura de 0 a 100 ºC ?.

b) ¿Cuál es la entropía de 1 kg de agua a 100 ºC?

c) Se mezcla 1 kg de agua a 0 ºC con 1 kg de agua a 100 ºC: ¿cuál será la temperatura final de equilibrio?

d) Hállense las entropías del agua caliente y de la fría antes de la mezcla, así como la de la mezcla en equilibrio.

9) 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 ºK:

a) 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.

b) calcule el rendimiento del ciclo.

10) 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.

a) Dibuje el ciclo en un diagrama PV y calcular V_2, T_1, T_2 y T_3.

b) Calcule los calores, trabajos y variaciones de entropía puestas en juego en cada proceso.

c) Calcule ΔU_t. y ΔS_T.

e) Calcule el rendimiento del ciclo.

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

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

a) dibuje este ciclo en un diagrama PV y calcular los valores de P_1, P_2, P_3, P_4.

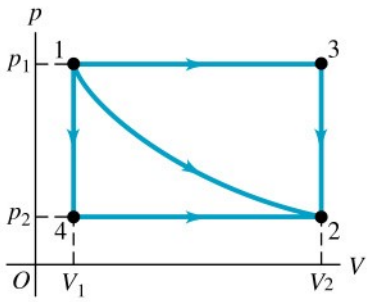
b) calcule los calores, trabajos y variaciones de entropía puestas en juego.

c) calcule ΔU_T y ΔS_T

e) calcule el rendimiento del ciclo.

12) Tres moles de un gas ideal de C_v = 3R/2 verifican un proceso de expansión isoterma desde un estado 1 (T_1 = 300 ºK, V_1 = 36'9 L) hasta un estado 2 (T_2 = 300 ºK, V_2 = 73'8 L).

Con el objeto de calcular la variación de energía interna y la variación de entropía puesta en juego en este proceso irreversible, se conectan los mismos estados inicial y final mediante tres procesos reversibles (A, B y C) según se muestra en la figura, donde el proceso A es isotermo. Teniendo en cuenta esto calcular ΔU y ΔS entre los estados 1 y 3, pero utilizando alternativamente los caminos (procesos) A, B y C, comprobando que se obtiene el mismo resultado.



13) 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 comprobar 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, calcular el rendimiento teórico del motor de Carnot.

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

d) Calcule ΔU_T.

e) Calcule ΔS_T.

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

14) 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/m^2 y una temperatura $T_1 = 323.15$ ºK. La presión P_3 es de 3500 kN/m^2 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.

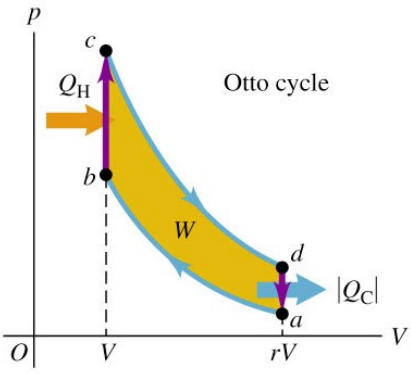
b) el rendimiento teórico de un ciclo de Otto viene dado por la expresión $h = 1 - (1/e^{(\gamma-1)})$; calcule dicho rendimiento teórico.

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

d) ΔU_T.

e) ΔS_T.

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



$a \rightarrow b$: 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)

15) Dos moles de un gas ideal a T = 400 ºK se expansionan cuasiestática e isotérmicamente desde un volumen inicial de 40 L hasta 80 L:

a) ¿Cuál es la variación de entropía del gas?.

b) ¿Cuál es la variación de entropía del universo?.

c) ¿Cuál es la variación de entropía de los alrededores (entorno)?.

16) El gas del ejercicio 15) pasa del mismo estado inicial al mismo estado final, pero lo hace por un proceso no cuasi-estático:

a) La variación de entropía del gas: ¿es igual, mayor o menor que la encontrada en el ejercicio 15)?.

b) La variación de entropía del universo: ¿es igual, mayor o menor que la encontrada en el ejercicio 15)?.

17) Un sistema absorbe 200 J de calor reversiblemente de un foco a 300 ºK y cede 100 J reversiblemente a un foco a 200 ºK, mientras se desplaza del estado A al B. Durante este proceso que es cuasi-estático el sistema realiza un trabajo de 50 J:

a) ¿Cuál es la variación de energía interna del sistema?.

b) ¿Cuál es la variación de entropía del sistema ?.

c) ¿Cuál es la variación de entropía del universo?.

d) Si el sistema evolucionara del estado A al B según un proceso no cuasi-estático: ¿Cuál sería la respuesta a las preguntas a), b) y c)?.

18) Un sistema absorbe 300 J de un foco a 300 ºK y 200 J de un foco a 400 ºK. Vuelve a su estado original realizando un trabajo de 100 J y cediendo 400 J a un foco a temperatura T. Si el ciclo es reversible: ¿Cuánto vale la temperatura T?.

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

a) ¿Cual es el rendimiento de esta máquina?.

b) ¿Cual es la variación de entropía de la máquina, de cada foco y del universo para cada ciclo?.

c) ¿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?.

d) 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.

1) a) 2000 W; b) 6667 J; c) 4667 J.
2) don Fernando la A; don Julián la B.
3) a) 33'3 %; b) trabajo realizado = 33'3 J; calor cedido = 66'6 J; c) 2.
4) a) una disminución de la temperatura del foco frío. b) si.
5) a) 147 ºC; b) Q_c = 128'8 J y Q_f = 10'48 cal.
6) a) 25'3 ºC; b) -7.07 KJ/ºK; c) 8'26 KJ/ºK; d) 1'19 KJ/ºK; el proceso es irreversible.
7) a) 14'3 ºC; b) 0'033 KJ/K.
8) a) 418 J; b) 1'30 KJ/K; c) 50ºC; d) $S_{inic,tot}$=1'3 KJ/K; $S_{final,tot}$= 1'4 KJ/K.
9) a) $W_A = 0$, $Q_A = 1'5\ nRT_o$ J, $\Delta S_A = 1'5\ nR\cdot Ln2$ J; $W_B = 2\ P_oV_o$ J, $Q_B = 5\ nRT_o$, $\Delta S_B = 2'5\ nR\cdot Ln2$; $W_c = 0$, $Q_C = -3\ nRT_o$, $\Delta S_C = -1'5\ nR\cdot Ln2$; $W_D = -P_oV_o$, $Q_D = -2'5\ nRT_o$, $\Delta S_D = -2'5\ nR\cdot Ln2$.
b) 15'3 %

10) a) 20 L, 321'9 ºK, 243'9 ºK, 121'9 ºK. b) W_A = 1620'8 J, $Q_A = 0$, $DS_A = 0$. W_B = -1013 J, Q_B = -3549 J, ΔS_B = -20'16 J/K. $W_C = 0$, Q_C = 4157 J, ΔS_C = 20'17 J/K.
c) 0 J. d) 0 J/K.

11) a) 1'33 atm, 0'66 atm, 0'5 atm, 1 atm. b) $W_A = Q_A$ = 2305 J, DS_A = 5'76 J/K. $W_B = 0$, Q_B = -2100 J, ΔS_B = -6'04 J/K. $W_C = Q_C$ = -1729 J, ΔS_C= -5'76 J/K. $W_D = 0$, Q_D = 2100 J, ΔS_D = 6'04 J/K. c) 0 J: d) 0 J/K. e) 13 %.

12) $\Delta U = 0$ J, ΔS = 17'28 J/K.

13) b) 853'6 ºK, 720'7 ºK, 15'57 %. c) $Q_A = W_A$ = 1096 J, ΔS_A = 1'28 J/K. W_B = 1659 J, $Q_B = 0$, $\Delta S_B = 0$. $Q_C = W_C$ = -913 J, ΔS_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 %

14) a) 19'04 atm, 1'87 atm, 881'9 L, 110,23 L, 742'34 ºK, 1347 ºK, 586'35 ºK.
b) 56'4 %.
c) W_A = -300132 J, $Q_A = 0$, $\Delta S_A = 0$. $W_B = 0$, Q_B = 433332 J, ΔS_B = 427 J/K.
W_C = 546835 J, $Q_C = \Delta S_C = 0$. $W_D = 0$, Q_D = -188627 J, ΔS_D = -426'9 J/K.
d) 0 J. e) 0 J/K. f) 56'9 %.

15) a) 11'52 J/K, b) 0 J/K, c) -11'52 J/K.
16) a) igual. b) mayor.

17) a) 50 J, b) 0'166 J/K, c) 0 J/K, d) la a) sería igual, la b) sería igual, la c) sería positiva.

18) 267 K.
19) 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.