Física 2 Biólogos y Geólogos - Curso de Verano 2006
Turno: Tarde

Serie 9: Máquinas térmicas y Entropía

1. Un mol de gas ideal ($c_v = 3/2R$) realiza el siguiente ciclo:

   AB Se expande contra un presión exterior constante, en contacto térmico con una fuente de calor a 300 K, desde $V_A = 10$ L hasta el volumen de equilibrio con la presión externa $V_B = 20$ L.

   BC Se traba el volumen en 10 L, se pone el gas en contacto térmico con una fuente de calor 200 K hasta llegar al equilibrio.

   CD Manteniéndolo en contacto térmico con esta última fuente, se lo comprime reversiblemente hasta volver a su volumen inicial.

   DA Trabando el volumen en 10 L, se pone el gas en contacto térmico con la fuente a 300 K, hasta llegar al equilibrio.

   (a) Calcule el trabajo entregado por el gas en cada etapa del ciclo.

   (b) Calcule el trabajo total entregado. ¿Varió la energía interna del gas respecto del valor inicial al completarse el ciclo? En base a su respuesta, indique el calor absorbido por el gas durante el ciclo.

   (c) Calcule el calor total que entregó cada una de las fuentes. ¿Cuál perdió calor? ¿Cuál lo ganó?

   (d) Calcule la eficiencia del ciclo, definida como $\epsilon = \mathrm{W}/\mathrm{Q}_1$, donde Q_1 es el calor absorbido de la fuente de 300 K.

2. Se tiene una máquina térmica reversible que opera según el ciclo de Carnot entre dos fuentes de calor a temperaturas T_1 t T_2, siendo $T_1 > T_2$. Si dicha máquina toma 550 kcal de la fuente a temperatura T_1 y entrega un trabajo equivalente a 300 kcal, ¿qué cantidad de calor se entrega a la fuente fría y cuánto vale la eficiencia (rendimiento) de dicha máquina?

3. Si una máquina de Carnot opera entre dos fuentes de la misma naturaleza, entregando un trabajo equivalente a 500 kcal y devolviendo a la fuente fría 300 kcal, ¿cuál es la relación entre las temperaturas absolutas de dichas fuentes?

4. Supóngase tener una máquina de Carnot operando como refrigerador, entre las temperaturas de 277 K y 300 K.

   (a) ¿Cuánto vale su eficiencia?

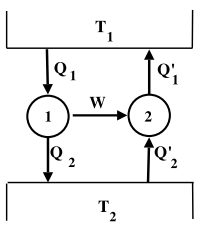
   (b) Si se desean extraer 200 cal de la fuente fría, ¿qué cantidad de trabajo habrá que entregarle y qué cantidad de calor se entrega a la fuente caliente?

5. Dos máquinas operan tal como lo indica el gráfico. Se sabe que la temperatura de la fuente caliente es de 600 K, que la máquina 1 es reversible y absorbe 300 kcal cediendo 100 kcal, y la máquina 2 absorbe 50 kcal de la fuente 2.

   (a) Calcule la temperatura de la fuente fría.

   (b) ¿Cuál es la eficiencia de ambas máquinas?

   (c) ¿Es reversible la máquina 2?¿Por qué?



6. Supóngase tener un sistema que evoluciona reversiblemente, entregando 500 cal a 500 K y recibiendo 300 cal a 300 K.¿Cuánto vale su variación de entropía?

7. Si un sistema evoluciona isotérmicamente a $27°C$ y la entropía varía en 4 kcal/K,¿cuánto calor recibió?

8. Dado un gas ideal en condiciones de P, V y T que sufre una transformación cualquiera quedando en condiciones P_2, V_2, T_2, calcular la variación de entropía usando como variables:

   (a) P y T.

   (b) P y V.

   (c) V y T.

9. Suponga que tiene un kilo de hielo a $-20°C$ al que se le entrega calor hasta llevarlo a agua líquida a $20°C$. Si la capacidad calorífica específica del hielo en esas condiciones es 0.5 cal/g°C, la del agua es 1 cal/g°C y el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g. Calcule la variación de entropía del proceso.

10. Un cilindro térmicamente aislado cerrado por ambos extremos está provisto de un pistón sin rozamiento, conductor de calor y que divide en dos partes. Inicialmente se sujeta al pistón en el centro, quedando a un lado 1 litro de gas ideal a 300 K y 2 atm de presión, y al otro lado 1 litro de gas ideal a 300 K y 1 atm de presión. Se libera el pistón, alcanzando el equilibrio de presión y temperatura en una nueva posición. Halle la presión y temperatura finales y la variación de entropía.

11. Una máquina térmica trabaja entre $T_1 = 400$ K y $T_2 = 200$ K, extrayendo en cada ciclo 10 kcal de la fuente 1. La eficiencia de la máquina es un 40 % de la máxima posible para dicho par de temperaturas. Calcule:

    (a) El trabajo por ciclo.

    (b) El calor entregado a la fuente de calor 2, por ciclo.

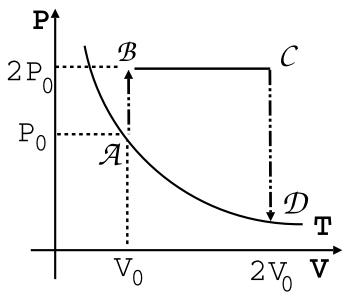
    (c) Las variaciones de entropía por ciclo de la sustancia que trabaja en la máquina, de la fuente 1, de la fuente 2 y del Universo.

    (d) Idem a), b) y c), pero para la máquina que tiene la eficiencia máxima posible trabajando entre las temperaturas T_1 y T_2.

12. Una máquina funciona usando un gas ideal según el ciclo de la figura. Calcule:

    (a) La eficiencia de la máquina.

    (b) ΔS_U.



Datos: $P_B = P_C$; $V_A = V_B$; $V_C = V_D$; $c_v = 3/2R$; $T_A = 200$ K; $P_0 = 1$ atm; $V_0 = 10$ L

13. 1 kilogramo de agua a $0°C$ se pone en contacto con una fuente a $100°C$.

    (a) Calcule la variación de entropía del Universo cuando el agua alcanza la temperatura de la fuente.

    (b) Calcule la variación de entropía del Universo si el agua se pone primero en contacto con una fuente a $50°C$, y luego de alcanzada esa temperatura, se la pone en contacto con la fuente de $100°C$.

    (c) Calcule la variación de energía interna del agua y de las fuentes.

14. Una máquina reversible lleva un mol de gas ideal monoatómico ($c_v = 3/2R$, $\gamma = 5/3$) a través del ciclo ABCDA, con las siguientes características en cada una de las etapas:

AB: Expansión isotérmica hasta duplicar el volumen tal que $V_B = 2V_A$.

BC: Es una expansión adiabática hasta disminuir la temperatura hasta la mitad $T_C = T_B/2$.

CD: Compresión hasta $V_D = V_A$ a presión constante.

DA: Se cierra el ciclo a volumen constante, aumentando la presión hasta P_A.

(a) Calcular el trabajo, el calor entregado y la variación de energía en cada etapa del ciclo.

(b) Calcular la variación de entropía del sistema y del Universo en un ciclo.

(c) Calcular el rendimiento.

Datos: $P_A = 16.2$ atm, $V_A = 2$ L

15. La figura representa cinco transformaciones, $a-b$,$b-c$,$c-d$,$d-a$ y $a-c$, trazadas en el plano $P-V$, correspondientes a un gas ideal en un sistema cerrado. Representar los mismos procesos:

    (a) en el plano $P-T$

    (b) en el plano $T-V$

    (c) Sean $P_2 = 10.10^5$ N/m^2,$P_1 = 4.10^5$ N/m^2,$V_1 = 2.5$ m^3. Determinar:

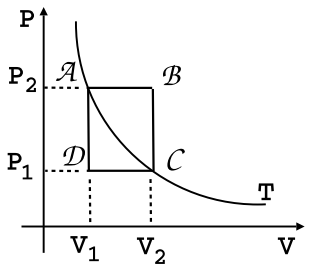
        i. la temperatuta T.

        ii. el volumen V_2.

        iii. las temperaturas en los puntos b y d.

        iv. el volumen real V en el punto (i) si el sistema consiste en 4 kilomoles de hidrógeno.

        v. la masa del hidrógeno.

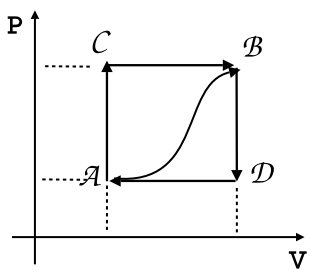


16. Cuando el sistema pasa del estado a al estado b, a lo largo de la trayectoria $a-c-b$, recibe un flujo de calor 80 J y el sistema realiza un trabajo de 30 J.

    (a) ¿Cuánto calor fluye en el sistema a lo largo de $a-d-b$ si el trabajo realizado es 10 J.

    (b) ¿El sistema vuelve del estado b al estado a a lo largo de la trayectoria curva. El trabajo realizado sobre el sistema es 20 J.¿Cuánto calor absorbe o cede el sistema, si es que lo absorbe o lo cede?

    (c) Si $U_a = 0$ y $U_d = 40$ J, determinar el calor absorbido en los procesos $a-d$ y $d-b$. Calcular el rendimiento o coeficiente de eficiencia según corresponda.



17. Para el problema 4 de la serie 9, halle la variacón de entropía del gas, de la fuente de calor, y del Universo para los casos en que:

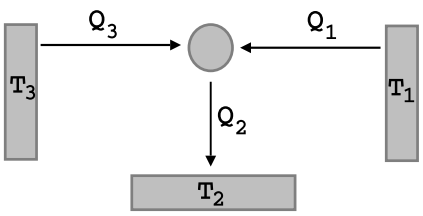
    (a) La expansión es irreversible.

    (b) La expansión es reversible.

18. Una heladera "de campo" no recibe trabajo de ningún tipo, y sin embargo, extrae calor de una fuente fría a T_1 (el interior de la heladera) y lo entrega al medio ambiente, que se halla a una temperatura $T_2 > T_1$. Esto es posible porque la máquina térmica trabaja entre tres fuentes de calor (no es simple) y aunque parezca paradójico, esta tercera fuente, que en la práctica es cualquier sustancia en combustión, se halla a una temperatura $T_3 > T_2$. El esquema de la máquina es el que se muestra en la figura.

(a) Recordando que W = 0, calcule la relación que debe haber entre Q_1, Q_2 y Q_3.

(b) Haciendo la aproximación *grosera* de que la máquina es reversible, utilice la igualdad de Clausius para hallar Q_1 sabiendo que $Q_3 = 1000$ cal y conociendo las temperaturas $T_1 = 200$ K, $T_2 = 300$ K y $T_3 = 1000$ K.



19. A la máquina del problema anterior se la puede considerar como una combinación de dos máquinas reversibles: M_1 que trabaja como máquina térmica entre T_3 y T_2, absorbiendo Q_3 y entregando Q_2' a T_2 y un trabajo W que se utiliza para arrastrar a otra máquina M_2 (frigorífica reversible) que trabaja entre T_2 y T_1, extrayendo Q_1' de T_1 y entregando Q_2'' a T_2. Compare Q_1 con Q_1', y Q_2 con $Q_2' + Q_2''$, respetando la convención de signos: el calor absorbido por la máquina es POSITIVO y el calor entregado por la máquina es NEGATIVO.

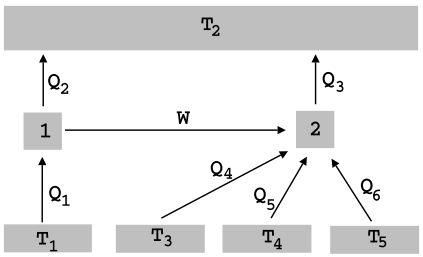
20. Sean las máquinas de la figura. Se sabe que la máquina 2 es reversible. **Datos:** $T_1 = 800$ K; $T_3 = 150$ K; $T_4 = 300$ K; $T_5 = 100$ K; $|Q_2| = 400$ cal; $|Q_3| = 400$ cal; $|Q_4| = 100$ cal; $|Q_5| = 70$ cal; $|Q_6| = 10$ cal.

(a) Halle la eficiencia de la máquina 1.

(b) Calcule la temperatura de la fuente 2.

(c) ¿Es reversible la máquina 1 ? Justifique.

(d) Calcule la variación de la entropía del Universo.



21. Un recipiente de 10 litros se encuentra dividido por un pistón móvil que separa 1 mol de gas ideal monoatómicode un mol de gas de Van der Waals, cuya ecuación de estado es $PV + a/V = RT$ y la energía $U = c_v T - a/V + cte$ ($dU = c_v dT - aV^{-2}dV$, $a = 1L^2$ atm). El sistema se pone en contacto con una fuente de temperatura $T_0 = 243.9$ K.

(a) ¿Qué volumen ocupa cada gas?

(b) Si se destraba el pistón superior realizándose una expansión contra presión externa $P_{ext} = 1$ atm. ¿Cuáles son los nuevos volúmenes de equilibrio?

(c) Calcular la variación de entropía de cada gas y del universo.