Física 3

(Cs. de la atmósfera y los océanos)

Primer cuatrimestre de 2015

Guía 2: Segundo principio de la termodinámica. Entropía.

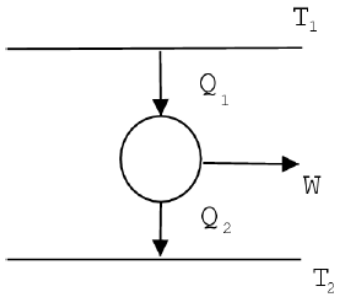
1. Demostrar que:

   (a) Los postulados del segundo principio de Clausius y de Kelvin son equivalentes.

   (b) Ninguna máquina cíclica que funciona entre dos fuentes de temperatura puede tener mayor rendimiento que una máquina reversible que funciona entre las mismas temperaturas.

   (c) Todas las máquinas reversibles que funcionan entre dos fuentes de temperatura tienen el mismo rendimiento.

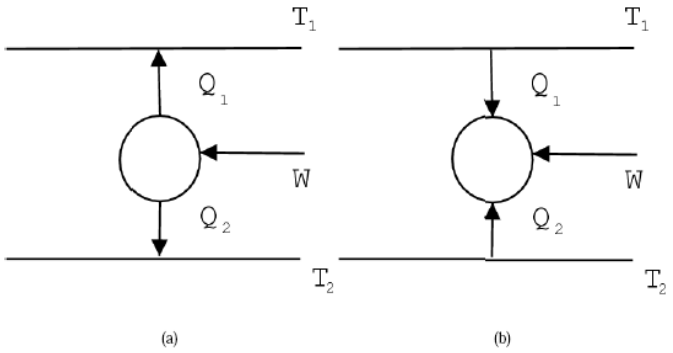
2. Usando la convención gráfica según la cual una máquina simple que entrega trabajo positivo se representa como en la figura:



   (a) Haga el esquema de una estufa eléctrica.

   (b) Haga el esquema para una heladera (¿Cuál es en la práctica la fuente fría y cuál la caliente?)

   (c) ¿Es posible una máquina como la indicada en la figura (a)? ¿Puede ser reversible? ¿Y una como la que se indica en la figura (b)?



3. En una cocina hay una heladera y un equipo de aire acondicionado que da al exterior. Se pretende mantener la cocina a una temperatura constante de 17 °C y al congelador de la heladera a une temperatura constante de -3 °C. Por mala aislación el congelador absorbe de la cocina 200 cal/min. La temperatura externa es de 27 °C. Sabiendo que el refrigerador tiene una eficiencia del 60% de uno ideal y que el equipo de aire acondicionado tiene una eficiencia del 50% del ideal, calcular la potencia eléctrica consumida entre ambos artefactos.

4. La máquina térmica de una heladera a gas intercambia calor con las siguientes fuentes de calor: (1) una llama de gas, que se puede considerar una fuente de calor a 700 K, y de la que absorbe Q_1; (2) una cámara frigorífica, de la que absorbe el calor Q_2, y a la que se puede considerar como una fuente de calor a -10 °C (esta temperatura se mantiene constante, porque la máquina debe absorber la misma cantidad de calor por ciclo que el que entra a la cámara en el mismo tiempo debido a la aislación imperfecta); (3) el aire de la habitación en que se halla la heladera, que constituye una fuente de calor a 20 °C y al que entrega calor Q_3. La máquina térmica no recibe ni entrega trabajo.

   (a) Si la pérdida a la cámara por mala aislación es de 30 cal/min, y la máquina térmica realiza 100 ciclos/min, hallar cuanto debe valer Q_2/ciclo.

   (b) Hallar el mínimo valor de Q_1/ciclo que debe absorber.

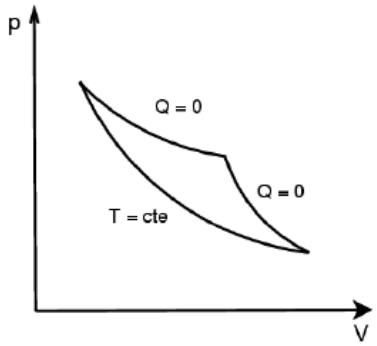
5. Calcular la variación de la eficiencia de una máquina reversible (como la de la figura en el problema 2) cuando:

   (a) Se aumenta la temperatura de la fuente superior en T

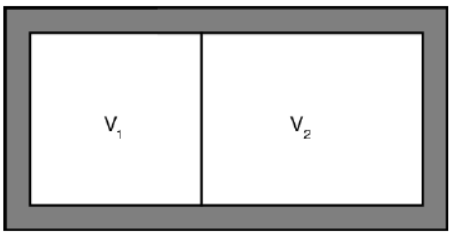
   (b) se disminuye la temperatura de la fuente inferior en T

   (c) ¿Qué cambio produce un mayor aumento de la eficiencia?

6. Explique si el siguiente ciclo es posible o no. Justifique.



7. Sean dos gases puestos en contacto térmico a través de una pared diatérmica. Ambos están encerrados en un recipiente de paredes adiabáticas.



   (a) ¿Se conserva la energía del sistema?

   (b) ¿Cómo evolucionará la entropía del sistema? Escriba dS para cada gas considerando $S = S(E, V)$.

   (c) A partir del punto anterior, demuestre que, en el equilibrio, ambos gases alcanzan la misma temperatura.

8. ¿Qué se puede decir de la magnitud $\int_A^B \delta Q/t$ para

(a) Un proceso reversible

(b) Un proceso irreversible

(c) Un proceso adiabático

9. Diez moles de gas ideal que se encuentra inicialmente a 27 ° C y a 760 mm Hg se comprimen en forma reversible a la mitad del volumen inicial.

   (a) Calcular Q, W y la variación de energía interna cuando el proceso se realiza isotérmicamente.

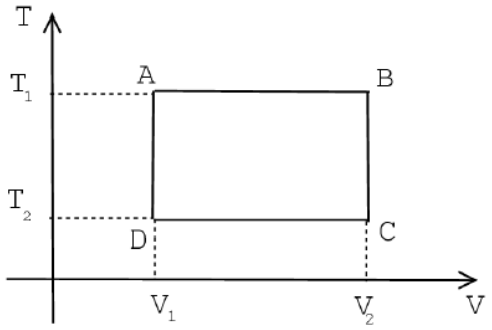
   (b) Calcular Q, W y la variación de energía interna cuando el proceso se realiza adiabáticamente.

   (c) Calcule la variación de entropía en ambos casos.

10. Si un sistema evoluciona isotérmicamente a 27 °C y la entropía varía en 4 Kcal K^{-1}, ¿cuánto calor recibió?

11. Considere 1 kg de hielo a -20 °C al que se le entrega calor hasta llevarlo a agua líquida a 20 °C. Si la capacidad calorífica del hielo en esas condiciones es 0.5 cal g^{-1} °C^{-1} y la del agua 1 cal g^{-1} °C^{-1}, y el calor latente de fusión del hielo es 80 cal g^{-1}, calcular la variación de entropía del proceso. ¿Es reversible el proceso?

12. Un mol de gas ideal diatómico realiza el siguiente ciclo reversible:



   (a) Calcular $\int \delta Q/t$ para los procesos AB, BC, CD, y DA. Compruebe que la suma es nula.

   (b) ¿Cuánto vale $S(C) - S(A)$?

   (c) ¿Se puede pasar en forma adiabática de A a C si $T_1 = 500$ K, $V_1 = 5$ l, $T_2 = 300$ K, y $V_2 = 30$ l?

13. Un mol de gas ideal diatómico se halla en un recipiente adiabático provisto de un pistón en el estado A ($V_A = 2$ l, $T_A = 300$ K). Se saca la traba que retiene el pistón y el gas se expande contra la presión exterior constante de 1 atm, hasta el volumen V_B, donde se encuentra una segunda traba para el pistón. La entropía del gas vale

$$S(T, V) = S(300\,\mathrm{K}, 2\,\mathrm{l}) + R \ln\left(\frac{V}{2l}\right) + C_V \ln\left(\frac{T}{300\,\mathrm{K}}\right).$$

   Calcular:

   (a) W_{AB}.

   (b) ΔU_{AB}.

   (c) $T_B = f(V_B)$

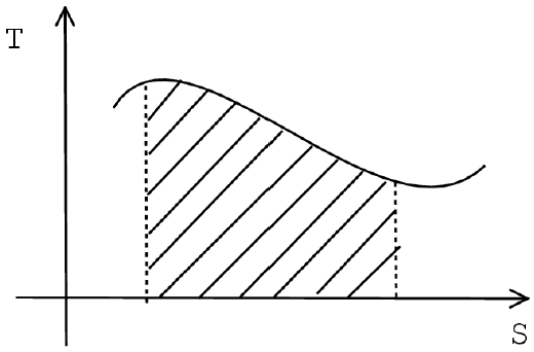
   (d) $S_B - S_A$.

(e) Hallar el valor $V_B = V_B^{(m)}$ que hace máxima la entropía total.

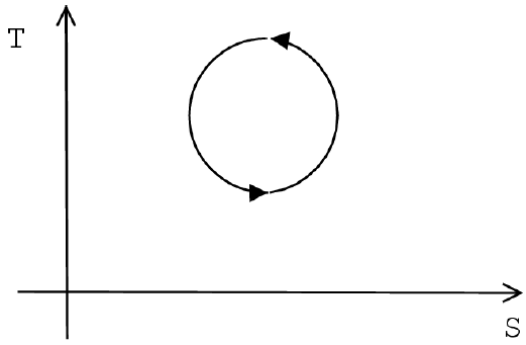
(f) Hallar la presión termodinámica del gas cuando $V_B = V_B^{(m)}$.

(g) ¿Qué puede deducir respecto al volumen final que alcanzaría el gas en el equilibrio si cuando el gas se hallaba en A se sacasen ambas trabas?

14. (a) ¿Qué se obtiene calculando el area bajo la curva, en un diagrama T-S?

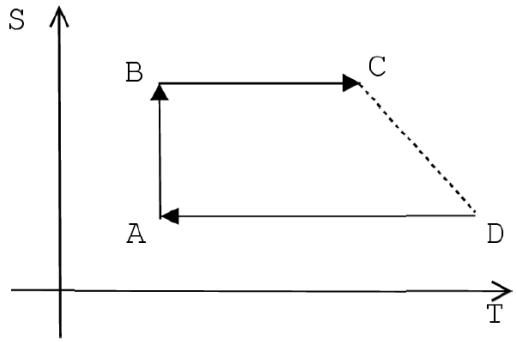


(b) Si se realiza el siguiente ciclo, ¿cuánto vale la variación de energía interna?

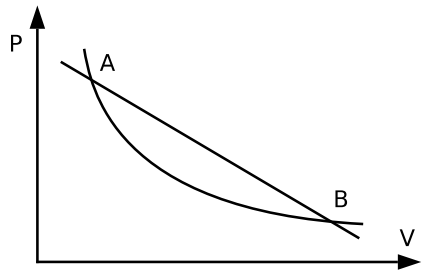


(c) ¿Cómo es el gráfico en el diagrama T-S de un proceso adiabático? ¿Y de uno isotérmico?

(d) Dado el siguiente diagrama, con la rama CD irreversible, ¿cuál es la variación de entropía S_{CD} conociendo S_{AB}? ¿Cómo se comparan con S_{AB} las variaciones de entropía de las fuentes para las partes AB y CD del ciclo?



15. Un gas ideal evoluciona siguiendo el ciclo que se muestra en la figura. La curva inferior es una isoterma. Suponga que P_A, T_A, T_B, y P_B son datos.



(a) Calcular explícitamente la variación de entropía cuando el gas se expande reversiblemente siguiendo la recta AB.

(b) Calcular la variación de entropía cuando el gas se expande reversiblemente siguiendo la isoterma.

(c) Calcular la variación de entropía cuando el gas pasa irreversiblemente de B a A.

16. Considere un mol de un gas de van der Waals.

    (a) Encuentre la expresión de la energía interna del gas, $E(T, V)$.

    (b) Encuentre la expresión de la entropía del gas, $S(T, V)$.

17. Considere un recipiente rígido y adiabático dividido en dos compartimientos separados por una válvula, inicialmente cerrada. Uno de los compartimentos, de volumen V_1, contiene un gas de van der Waals a temperatura T_1. El otro compartimento, de volumen V_2, se encuentra vacío. En un momento dado, se abre la válvula, pudiendo entonces expandirse el gas. Suponga que la capacidad calorífica del gas a volumen constante C_V, y la del recipiente C, son constantes para temperaturas en un entorno considerable de T_1.

    (a) ¿Qué función de estado se conserva? Justifique.

    (b) Encuentre la temperatura final T_f del gas (tenga en cuenta al recipiente en el proceso).

18. Un mol de gas de van der Waals se expande reversible e isobáricamente desde V_A hasta V_B (P_A, V_A, T_A, y V_B son datos). Hallar:

    (a) La temperatura final.

    (b) La variación de energía interna en el proceso.

    (c) El calor absorbido.

    (d) La variación de entropía.

19. Dos cuerpos idénticos, con capacidad calorífica a presión constante C_P independiente de la temperatura, se utilizan como fuentes de calor para una máquina térmica. Los cuerpos se mantienen a presión constante e inicialmente sus temperaturas son $T_1 > T_2$. Finalmente, como resultado del funcionamiento de la máquina térmica, los cuerpos llegan a una temperatura final T_f.

    (a) Calcule la cantidad total de trabajo W realizado por la máquina en función de C_P, T_2, y T_f.

    (b) Deduzca cuál es la temperatura T_f mínima a la que pueden llegar ambos cuerpos. Justifique.

    (c) Para temperaturas iniciales T_1 y T_2, ¿cuál es el máximo trabajo que puede dar la máquina trabajando entre esos dos cuerpos?

20. 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. Calcular:

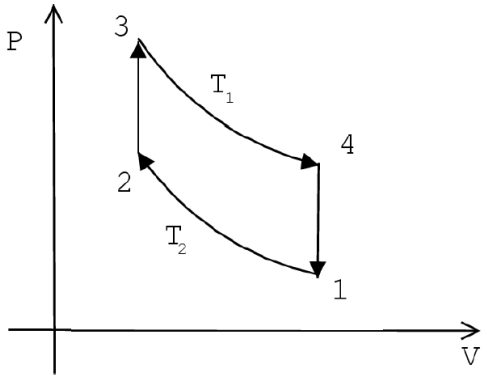
(a) El trabajo por ciclo.

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

(c) Las variaciones de entropía de la sustancia, de cada fuente, y del universo.

(d) Repita los puntos anteriores para la máquina que tiene la eficiencia máxima.

21. El ciclo de Stirling se realiza mediante dos procesos isotérmicos y dos isocoros. Para un gas ideal, según el gráfico



(a) Dibujar el ciclo en el plano T-S, suponiendo que la sustancia es un gas ideal.

(b) Demostrar que $Q_{23} = Q_{41}$.

(c) Hallar la eficiencia.

22. Considere un gas a temperatura T para el cual vale la relación $P = u/3$, siendo u la energía interna por unidad de volumen y P la presión del gas. Considere que u depende solamente de la temperatura. Un gas con esta caracteristicas se llama "gas de fotones".

(a) Considerando un ciclo de Carnot adecuado con este gas, demuestre que $u = \sigma T^4$, donde σ es una constante.

(b) Reobtener el resultado pero usando que la entropía es una función de estado.

(c) Calcule su entropía. ¿Cuál es la ecuación de las adiabáticas?

(d) ¿Qué imagina que sucede con este gas en una expansión isotérmica?

23. Se tienen dos gases ideales diferentes en un recipientes aislado a la misma P y T pero separados por una pared diatérmica; ambos están en equilibrio termodinámico. Se quita la pared. Si n_1 y n_2 es el número de moles de cada gas, calcule la variación total de entropía como función de n_1, n_2, y R. ¿Es éste un proceso reversible? ¿Qué pasa si el mismo gas se encuentra a ambos lados del tabique?