

Física 2 - Práctico 9

Entropía

Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

9.1. Irreversibilidad y temperatura

Se transfieren $260 J$ de calor por conducción desde un depósito térmico a una temperatura de $400 K$ a otro depósito cuya temperatura es: **i)** $100 K$, **ii)** $200 K$, **iii)** $300 K$ y **iv)** $360 K$.

Calcule la variación de entropía del universo asociada a la transferencia de calor en cada caso y explique la tendencia.

9.2. Calentamiento de aire

Un dispositivo de cilindro y pistón en equilibrio y térmicamente aislado, contiene inicialmente 300 litros de aire a $120 kPa$ y $17^\circ C$. El pistón es libre de moverse sin fricción. El aire se calienta durante 1 minuto por medio de una resistencia eléctrica situada dentro del cilindro que consume una potencia de $200 W$ y cuyo filamento se mantiene a $527^\circ C$ durante el proceso.

- Determine el cambio de entropía en el aire.
- ¿Cual es el cambio de entropía del universo asociado a este proceso? Clasifique el proceso como reversible o irreversible.

Considere al aire como un gas ideal con una masa molar de $29 g/mol$.

9.3. Expansión libre

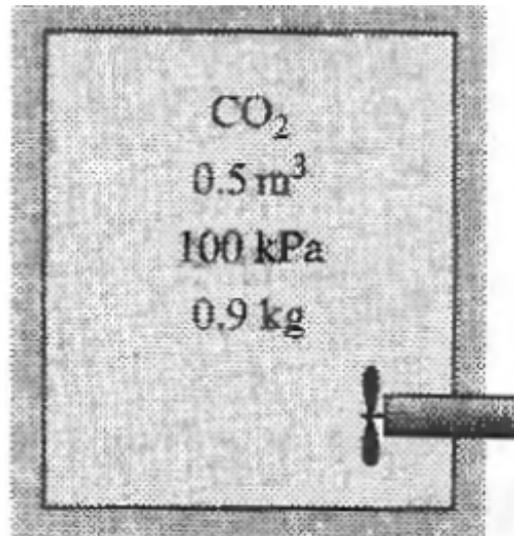
Un tanque rígido aislado se divide en dos partes iguales por medio de una separación adiabática. Una parte contiene medio kilo de Nitrógeno (considerado como un gas ideal con una masa molar de $28 g/mol$) a cierta presión P_1 y temperatura T_1 , y en la otra se ha hecho el vacío. Se rompe la separación y el gas llena todo el tanque.

- Halle el nuevo estado de equilibrio del gas, expresando los valores de presión y temperatura en términos de los iniciales.
- Determine el cambio de entropía del gas durante este proceso. ¿Es reversible o irreversible? ¿Puede suponerse que el proceso es internamente reversible con respecto al gas ?

9.4. Tanque con hélice

Un tanque rígido aislado de $0,5 \text{ m}^3$ contiene $0,9 \text{ kg}$ de dióxido de carbono (CO_2) inicialmente en equilibrio a 100 kPa . Una hélice efectúa trabajo sobre el sistema hasta que la presión en el tanque aumenta a 120 kPa . La masa molar del CO_2 es de 44 g/mol .

- Halle el trabajo aportado por la hélice.
- Determine el cambio de entropía del gas. ¿Es este proceso internamente reversible con respecto al gas?
- Si en lugar de realizar trabajo con la hélice, se lleva al gas desde el estado inicial al mismo estado final mediante la transferencia de calor desde una reserva térmica a una temperatura del doble de la temperatura inicial del dióxido de carbono, ¿cuál de los dos procesos será más irreversible?



9.5. Cambios de entropía en gas ideal

n moles de un gas ideal monoatómico es llevado de un estado inicial de presión P_0 y volumen V_0 , a un estado final de presión $2P_0$ y volumen $2V_0$ por dos procesos diferentes. En el proceso **1** se expande isotérmicamente hasta que su volumen se duplica, y luego se aumenta su presión a volumen constante hasta el estado final. En el proceso **2** se le comprime isotérmicamente hasta que su presión se duplica, y luego se aumenta su volumen a presión constante hasta el estado final.

- Muestre la trayectoria de cada proceso en un diagrama $P - V$
- Calcule para cada proceso, en función de P_0 y de V_0 :
 - El cambio en la energía interna del gas.
 - El trabajo efectuado sobre el gas en cada parte del proceso.
 - El calor absorbido por el gas en cada parte del proceso.
- Calcule el cambio de entropía del gas.
- Calcule el cambio de entropía del universo si los procesos isotérmicos descritos son reversibles, mientras los procesos isócoro e isóbaro se realizan intercambiando calor con una reserva térmica que se encuentra a la misma temperatura que el gas en el estado final.

9.6. Café con leche

Ud. se prepara un café con leche mezclando 150 ml de café caliente a 70°C con 100 ml de leche a 15°C .

- ¿En qué cantidad es Ud. responsable del aumento de entropía del universo con este acto?
- Si Ud. olvida tomar el café con leche permitiendo que se enfríe en un ambiente a 15°C , ¿Cuál es el aumento adicional de la entropía del universo?

Nota: Para simplificar suponga que el café y la leche tienen las mismas propiedades del agua. La densidad del agua y su calor específico son valores conocidos.

9.7. Cambio de entropía con cambio de fase

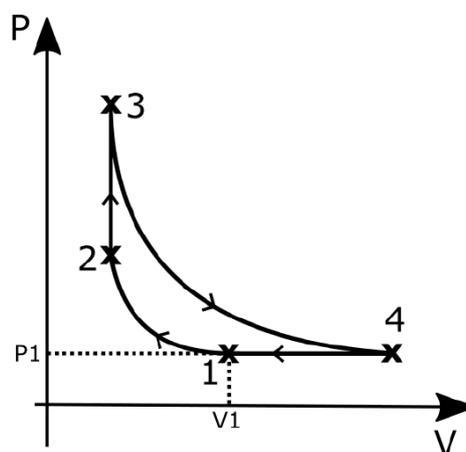
Un cubo de hielo de $12,6\text{ g}$ a -10°C se coloca en un lago cuya temperatura es de 15°C . Al cabo de un tiempo el cubo de hielo llega al equilibrio térmico con el lago. Para el hielo, el calor latente de fusión es 333 kJ/kg y el calor específico $c_h = 2,2\text{ kJ/kg K}$. Para el agua líquida $c_a = 4,186\text{ kJ/kg K}$. El lago se encuentra a pocos metros sobre el nivel del mar a $P_0 = 1,0\text{ atm}$ y $T_0 = 15^\circ\text{C}$. Despreciando el intercambio de calor con el ambiente, calcule:

- La variación de entropía de la masa de hielo.
- El cambio de entropía del universo asociado a este proceso.

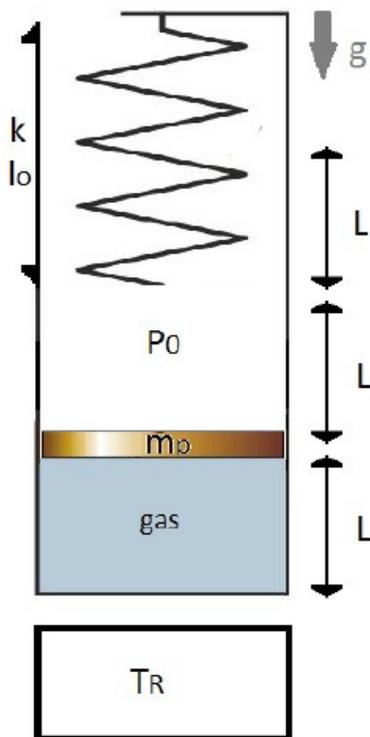
9.8. Segundo parcial, primer semestre 2017

Un dispositivo trabaja con dos moles de un gas ideal monoatómico, mediante el ciclo mostrado en la figura. Dicho ciclo está compuesto por dos procesos isotermos, un proceso isócoro y un proceso isóbaro, y los intercambios de calor se realizan con dos reservas térmicas de temperaturas T_a y T_b , tales que $T_a > T_b$. Se sabe que en el estado 1 el volumen es de 50 litros y la temperatura es de 300 K . También se conoce que la relación de volúmenes es $V_4/V_3 = 8$ y que durante el proceso isóbaro el gas libera 50 kJ de calor.

- Determine la temperatura, presión y volumen en cada uno de los estados del ciclo. Explique si se está trabajando con una máquina térmica o un refrigerador.
- Determine la eficiencia del ciclo.
- Se seleccionan dos reservas térmicas de temperaturas $T_a = 1800\text{ K}$ y $T_b = 250\text{ K}$. Calcule la variación de entropía del universo en un ciclo para dicho caso.
- Se quieren variar las temperaturas de las reservas (T_a y T_b) de manera obtener la menor variación de entropía posible. Calcule cuánto deben valer (en función de las temperaturas del problema), y halle la variación de entropía del universo en este caso.



9.9. Examen Julio 2016



Un gas diatómico se encuentra en el interior de un cilindro recto cerrado por un pistón de masa **No** despreciable que puede desplazarse sin rozamiento. La sección del pistón es 200 cm^2 . Actúa la presión atmosférica y la gravedad. Por eso, inicialmente, el gas está en equilibrio mecánico a una presión de 200 kPa , temperatura de $T_1 = 300 \text{ K}$ y ocupa un volumen de $V_1 = 1,5 \text{ litros}$.

Como se muestra en la figura, del techo pende un resorte de constante elástica $k = 100 \text{ kN/m}$ y longitud natural l_0 que comienza a actuar si el volumen que ocupa el gas es $V > 2V_1$.

Se pone el gas en contacto térmico sólo con una fuente de calor de temperatura $T_R > T_1$. Se supondrá que el proceso es cuasiestático.

Parte A

Calcular la mínima temperatura T_R para que el gas ocupe un volumen $3V_1$. Dibuje el diagrama P-V del proceso, señalando la presión, volumen y temperatura de los puntos importantes.

Parte B

Considerando la T_R calculada en la parte anterior, ¿es este proceso reversible? Justifique su respuesta numéricamente.

Preguntas:

- P1: ¿Es posible que la entropía de un sistema cerrado no cambie durante un proceso irreversible?
- P2: Un gas ideal es sometido a un proceso entre dos temperaturas específicas, primero a presión constante y luego a volumen constante. ¿En cuál caso el gas experimenta un cambio de entropía mayor?
- P3: ¿Todos los procesos cuasiestáticos son reversibles? ¿Todos los procesos reversibles son cuasiestáticos? Conteste a estas preguntas, demostrando su respuesta en caso afirmativo, y encontrando contraejemplos en caso negativo.