

Física 3B+4A 2018

Guía 05: Segundo principio

Asorey

30 de Mayo de 2018

39. **El cuadrado inverso** Una máquina frigorífica está equipada con $n = 1000$ moles de un gas ideal di-atómico inicialmente ocupando un volumen $V_A = 112 \text{ m}^3$ a una temperatura $T_A = 6825 \text{ K}$, y que opera con el siguiente ciclo: 1) compresión isobárica hasta llegar a un quinto del volumen inicial; 2) enfriamiento isocórico hasta alcanzar un quinto de la temperatura inicial; 3) expansión isobárica; 4) calentamiento isocórico.

- Complete el cuadro de estados, encontrando los valores de P , V , T y n para cada uno de los estados A , B , C y D .
- En el diagrama PV ubique los estados y dibuje las transformaciones experimentadas por el gas. Luego hágalo para un diagrama TS .
- Complete el cuadro de transformaciones, encontrando los cambios de energía interna, calor, trabajo y entropía en cada transformación.
- Calcule el rendimiento de la máquina frigorífica usando la definición de una máquina térmica, pero adaptada a este caso: $\eta = W_{\text{neto}}/Q_{<0}$.
- Compare los valores obtenidos con los correspondientes del ejercicio 27 (Guía 03).
- Calcule el cambio de entropía total del Universo. Explique.

R: a) $P_A = 506634,4 \text{ Pa}$, $V_A = 112 \text{ m}^3$, $n_A = 1000 \text{ mol}$, $T_A = 6825 \text{ K}$; $P_B = 506634,4 \text{ Pa}$, $V_B = 22,4 \text{ m}^3$, $n_B = 1000 \text{ mol}$, $T_B = 1365 \text{ K}$; $P_C = 101325 \text{ Pa}$, $V_C = 22,4 \text{ m}^3$, $n_C = 1000 \text{ mol}$, $T_C = 273 \text{ K}$; $P_D = 101325 \text{ Pa}$, $V_D = 112 \text{ m}^3$, $n_D = 1000 \text{ mol}$, $T_D = 1365 \text{ K}$. c) $Q_1 = -158,9 \text{ MJ}$, $\Delta U_1 = -113,5 \text{ MJ}$, $W_1 = -45,4 \text{ MJ}$; $Q_2 = -22,7 \text{ MJ}$, $\Delta U_2 = -22,7 \text{ MJ}$, $W_2 = 0$; $Q_3 = 31,8 \text{ MJ}$, $\Delta U_3 = 22,7 \text{ MJ}$, $W_3 = 9,1 \text{ MJ}$; $Q_4 = 113,5 \text{ MJ}$, $\Delta U_4 = 113,5 \text{ MJ}$, $W_4 = 0$. d) $\eta = (-36,3)/(-181,6) = 0,2 = 20\%$; f) $\Delta S_{\text{sis}} = 0$; $\Delta S_{\text{med}} = 159,64 \text{ kJ/K}$; $\Delta S_U = 159,64 \text{ kJ/K} > 0 \rightarrow$ irreversible. Ayuda: $\Delta S_{\text{med}} = +\frac{|Q_1|}{T_B} + \frac{|Q_2|}{T_C} - \frac{|Q_3|}{T_D} - \frac{|Q_4|}{T_A}$.

40. Entropía en aumento, I

Para mantener la temperatura dentro de una casa a 293 K se necesita mantener funcionando un sistema de calefacción con una potencia térmica de 30 kW por día cuando la temperatura en el exterior es de 266 K . ¿Cuál es la tasa de incremento de la entropía total del Universo provocada por esta casa?

R: $\Delta S_U = +10,4 \text{ W/K} \rightarrow$ irreversible.

41. Variación de entropía, I

¿Cuál es la variación de entropía de 1 mol de un gas ideal monoatómico si su temperatura aumenta de 100 K a 300 K en una transformación: a) isocórica; b) isobárica; c) adiabática y reversible.

R: a) $\Delta S = 13,7 \text{ J/K}$; b) $\Delta S = 22,9 \text{ J/K}$; c) $\Delta S = 0$.

42. Variación de entropía, II

Calcule la variación de entropía cuando un mol de un gas ideal monoatómico se lleva desde $T_A = 273 \text{ K}$ y $P_A = 2 \text{ atm}$ hasta un estado $T_B = 233 \text{ K}$ y $P_B = 0,4 \text{ atm}$.

R: $\Delta S = 10,1 \text{ J/K}$

43. Ciclo irreversible

Una determinada cantidad de Helio está inicialmente a una presión $P_A = 16 \text{ atm}$, $T_A = 600 \text{ K}$ y ocupa un volumen $V_A = 1 \text{ L}$. Se somete a una expansión isotérmica de manera cuasiestática (reversible) hasta un volumen $V_B = 4,0 \text{ L}$. Luego, es comprimido cuasiestática e isobáricamente hasta que su volumen V_C y temperatura T_C le permiten volver de manera adiabática y reversible al estado original A.

- Complete el cuadro de estados y de transformaciones. Incluya para este último los cambios de entropía en cada transformación.
- Realice un esquema del ciclo en un diagrama PV y en un diagrama TS .
- Calcule la eficiencia del ciclo;
- Calcule el cambio de entropía del Universo

R: a) $P_A = 1621200 \text{ Pa}$, $V_A = 0,001 \text{ m}^3$, $n_A = 0,325 \text{ mol}$, $T_A = 600 \text{ K}$; $P_B = 405307,5 \text{ Pa}$, $V_B = 0,004 \text{ m}^3$, $n_B = 0,325 \text{ mol}$, $T_B = 600 \text{ K}$; $P_C = 405307,5 \text{ Pa}$, $V_C = 0,0023 \text{ m}^3$, $n_C = 0,325 \text{ mol}$, $T_C = 344,6 \text{ K}$; c) $Q_1 = 2247,5 \text{ J}$, $\Delta U_1 = 0$, $W_1 = 2247,5 \text{ J}$, $\Delta S_1 = 3,75 \text{ J/K}$ $Q_2 = -1725,2 \text{ J}$, $\Delta U_2 = -1035,1 \text{ J}$, $W_2 = -690,1 \text{ J}$, $\Delta S_2 = -3,75 \text{ J/K}$ $Q_3 = 0$, $\Delta U_3 = 1035,1 \text{ J}$, $W_3 = -1035,1 \text{ J}$, $\Delta S_3 = 0$. d) $\eta = (522,3 \text{ J}/2247,5 \text{ J}) = 0,232 = 23,2\%$; $\eta_C = 42,6\%$. e) $\Delta S_{\text{sis}} = 0$; $\Delta S_{\text{med}} = 1,26 \text{ kJ/K}$; $\Delta S_U = 1,26 \text{ kJ/K} > 0 \rightarrow \text{irreversible}$.

44. Entropía del hielo

Calcule el cambio de entropía de un bloque de hielo de $54,0 \text{ g}$ que se encuentra a 250 K cuando es convertido de manera reversible y a presión constante, en vapor a 390 K .

45. Ciclo de Stirling

Cien moles de un gas ideal biatómico es sometido a un ciclo de Stirling completamente reversible. El gas, inicialmente a una presión $p_A = 150 \text{ kPa}$ y $T_A = 300 \text{ K}$, experimenta una compresión isoterma hasta alcanzar el estado B, seguido de una compresión isócara hasta una presión $p_C = 3 \text{ MPa}$ y $T_C = 2000 \text{ K}$. Luego se realiza una expansión isotérmica hasta alcanzar el estado D tal que $V_D = V_A$. El ciclo se cierra con una decompresión isócara hasta volver al estado A.

- Grafique el ciclo en un diagrama PV y en un diagrama TS .
- Complete el cuadro de estados y el cuadro de transformaciones, calculando además los cambios de entropía del gas en cada transformación.
- Calcule la variación neta de entropía del Universo
- Calcule el rendimiento del ciclo y compárelo con el de un ciclo de Carnot equivalente. Analice el resultado en función del teorema de Carnot.

46. Ciclo Otto

Dibuje el ciclo Otto del problema 36 (guía 04) en un diagrama TS identificando cada transformación y los cambios de energía con el medio.

47. Verificando el segundo principio

Compruebe el cumplimiento del segundo principio de la termodinámica en para los problemas 26, 27, 28, 29, 30 y 36, verificando que la entropía total del universo no decrece en ninguno de esos casos. Identifique los ciclos reversibles y los ciclos irreversibles.

48. Entropía terrestre

La temperatura promedio de la superficie solar es 5700 K y la temperatura promedio de la superficie terrestre es de 290 K. Si la constante solar es de $1,4 \text{ kW m}^{-2}$, a) estime la cantidad de energía que por segundo llega a la Tierra; b) estime la tasa neta de incremento de entropía de la Tierra debida a la radiación Solar.

49. Aumento de entropía, II

Un gas ideal biatómico se encuentra en el interior de un cilindro de paredes adiabáticas. El estado inicial del gas: $P_A = 101325 \text{ Pa}$, $T_A = 293 \text{ K}$ y $V_A = 10^{-4} \text{ m}^3$. La tapa del cilindro es un pistón móvil también adiabático. De manera brusca se coloca una pesa en el pistón y la presión en el interior aumenta a $P_B = 2P_A$. Determine el estado final del gas, y la variación de entropía del sistema, del medio y del Universo, y diga si el proceso fue reversible o irreversible. Justifique. Luego, compare los resultados obtenidos con los que se obtienen durante una compresión adiabática reversible desde P_A a P_B .