Práctica 1: Primera ley de la termodinámica y postulados

Física Estadística para Física Médica

Preguntas previas

i. ¿Qué es el equilibrio termodinámico? ¿Cómo se describe un sistema aislado en equilibrio termodinámico?

ii. ¿Cuánta información tengo que dar para especificar el estado de equilibrio de un sistema simple?

iii. Dé ejemplos de variables termodinámicas extensivas e intensivas.

iv. Discuta brevemente la diferencia entre las variables extensivas e intensivas.

v. ¿Es $đW = -P\,dV$ el trabajo infinitesimal hecho sobre el sistema o por el sistema? ¿Existe algún tipo de condici ón para que el trabajo pueda escribirse de esa manera?

vi. Generalmente hay en la termodinámica una clara definición del trabajo hecho sobre un sistema. En cambio, el calor aparece simplemente como una diferencia, ¿por qué?

Problemas

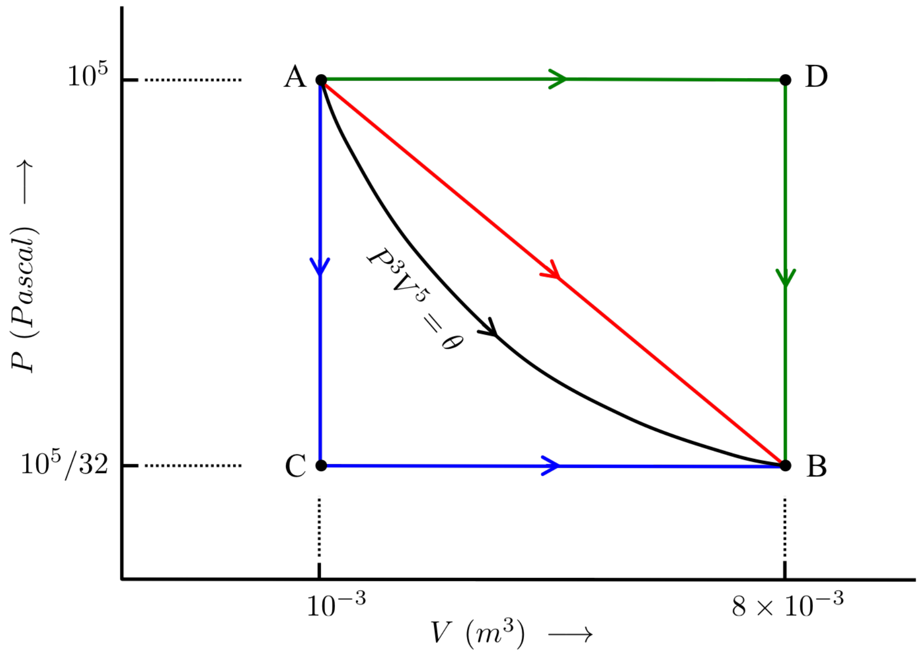
1. La ecuación $dU = đQ + đW$ expresa la primera ley de la termodinámica. Demostrar para el caso de un gas simple que Q no es (y por lo tanto, tampoco W) una función de estado (alcanza con encontrar contraejemplos).

2. Se mide que la energía interna U de un sistema simple con un solo componente tiene una dependencia con el volumen y la presión dada por $U = APV^2$ $(N = 2)$. Notar que al duplicar el sistema, el volumen se duplica, lo mismo que la energía y el número de moles, mientras que la presión no se altera. Escriba la dependencia completa de U en P, V y N para un número arbitrario de moles.

3. Cierto gas simple se encuentra en el interior de un recipiente que posee un pistón móvil. Si las paredes del recipiente son adiabáticas, se observa que un incremento cuasiestático en el volumen lleva a bajar la presión de acuerdo a la ecuación $P^3V^5 = \text{constante}$ (para $Q = 0$).

   (a) Describir qué es lo que sucede en cada una de las etapas de los tres procesos (ADB, ACB, y el proceso ligado en el gráfico por una recta, AB) que ligan el estado A con el B.

   (b) Encontrar el trabajo cuasiestático hecho sobre el sistema y la transferencia neta de calor hacia el sistema para los tres procesos. (¿Es posible calcular el calor Q_{AD} o Q_{DB}?)



4. Como en el experimento de Joule, colocamos una pequeña hélice dentro del gas del recipiente del ejercicio 3. La misma está conectada a un motor que puede entregar una potencia conocida al gas; por ejemplo, si fuera una masa M perdiendo altura h, la potencia sería $\frac{dW}{dt} = Mg\left(\frac{dh}{dt}\right)$. Mientras la rueda gira, manteniendo V constante, se observa que la presión varía siguiendo la ecuación $\frac{dP}{dt} = \frac{2}{3V}\frac{dW}{dt}$.

(a) Mostrar que, mediante este proceso, se puede determinar la diferencia de energía entre dos estados con igual volumen. En particular, evaluar $U_C - U_A$ y $U_D - U_B$.

(b) Explicar que este proceso puede proceder solamente en una dirección.

(c) Mostrar que cualquier par de estados de equilibrio del gas pueden conectarse mediante la combinación de un proceso adiabático y otro isócoro (a volumen fijo). En particular, evalúe $U_D - U_A$.

(d) Calcular ahora el trabajo W_{AD} en el proceso $A \to D$, y el calor transferido Q_{AD}. Repetirlo para $D \to B$ y $C \to A$. ¿Son los resultados consistentes con los del ejercicio 3(a)?

5. La energía interna para un mol de un sistema particular, está dada por $U = AP^2V$, donde A es una constante positiva con dimensiones $[P]^{-1}$. Encontrar las ecuaciones de las curvas adiabáticas en el plano $P - V$.

6. Dos moles de un gas ideal monoatómico sufren una expansión libre desde un volumen V a 2V dentro de un reservorio a temperatura constante. Determinar el cambio de entropía del gas y del reservorio.

7. Las siguientes ecuaciones son candidatas a ser ecuaciones fundamentales de un sistema termodinámico. Sin embargo, algunas de ellas son inconsistentes con uno o más de los postulados II, III y IV. Encuéntrelas e indique qué postulados violan y por qué.

(a) $S = \left(\frac{R^2}{v_0\theta}\right)^{1/3}(NVU)^{1/3}$

(b) $S = \left(\frac{R}{\theta^2}\right)^{1/3}\left(\frac{NU}{V}\right)^{2/3}$

(c) $S = \left(\frac{R}{\theta}\right)^{1/2}\left(NU + \frac{R\theta V^2}{v_0^2}\right)^{1/2}$

(d) $S = NR\ln\left(\frac{UV}{N^2R\theta v_0}\right)$

(e) $S = \left(\frac{R}{\theta}\right)^{1/2}(NU)^{1/2}\exp\left(\frac{-V^2}{2N^2v_0^2}\right)$

(f) $S = \left(\frac{R}{\theta}\right)^{1/2}(NU)^{1/2}\exp\left(\frac{-UV}{NR\theta v_0}\right)$