1. **[6 pts.]** Se tiene un cilindro aislado térmicamente, puesto en posición horizontal y cerrado en ambos extremos. Considere que inicialmente un pistón conductor de calor esta sujeto de tal modo que divide al cilindro en dos partes, la parte izquierda con volumen V_0 y la derecha con volumen $3V_0$, respectivamente. El lado izquierdo del cilindro contiene n_i moles de un gas ideal monoatómico a temperatura T_0 y presión $2P_0$, mientras que el lado derecho contiene n_d moles del mismo gas a temperatura T_0 y presión P_0. Considere ahora que se suelta el pistón, el cual resbala en el cilindro sin fricción.

   (a) Describa el proceso que lleva al pistón al reposo. ¿Es este un proceso cuasi-estático?

   (b) ¿Cuál es la temperatura y presión final en cada lado del cilindro?

   (c) ¿Cuál es el volumen final de cada parte del cilindro?

2. **[4 pts.]** Explique en sus propias palabras el significado físico de la "1a Ley de la Termodinámica" y sus consecuencias. Aplíque dicha ley para demostrar que el cambio infinitesimal de trabajo $\mathrm{d}W$, intercambiado entre un sistema y sus alrededores, corresponde a una diferencial inexacta.

Solución

1. **[6 pts.]**

   (a) Soltar el pistón equivale a remover una constricción en el sistema, que en esta caso está aislado térmicamente. Dado que la presión en el sistema no es homogénea la posición del pistón cambiará hasta que se alcance el equilibrio mecánico, que en este caso corresponde al estado donde las presiones son iguales. Dado que el proceso es irreversible pues el pistón es conductor de calor, durante el proceso la presión del sistema no está bien definida por lo que el proceso no es cuasi-estático.

   (b) El estado final de equilibrio corresponde a un gas ideal de $n = n_i + n_d$ moles de volumen $V = 4V_0$ que satisface la ecuación de estado

   $$PV = nRT$$

   donde P es la presión ahora es igual en cada compartimento y homgénea en todo el sistema. Dado que el sistema está aislado térmicamente, la energía interna total del sistema no cambia, y dado que la sustancias corresponden a gases ideales cuyas temperaturas iniciales son la misma, se concluye que $T = T_0$ pues para gases ideales la energía interna solo depende de la temperatura. La presión se encuentra usando la ecuación de estado

   $$P = \frac{(n_i + n_d)RT_0}{4V_0}$$

   (c) El gas en cada compartimento satisface la ecuación del gas ideal, con presión P y temperatura T_0 así el volumen final V_i^f en el lado izquierdo y V_d^f en el derecho es respectivamente

   $$\begin{aligned} V_i^f &= \frac{n_i RT_0}{(n_i + n_d)RT_0/4V_0} \\ &= \frac{4n_i}{(n_i + n_d)} V_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d^f &= V - V_i^f \\ &= \frac{4n_d}{(n_i + n_d)} V_0 \end{aligned}$$

Adicionalmente se puede encontrar la razón n_1/n_d usando las condiciones iniciales y la ecuación de estado para cada compartimento

$$\begin{aligned} 2P_0 V_0 &= n_i R T_0 \\ P_0\, 3V_0 &= n_d R T_0 \end{aligned}$$

de la que se puede concluir que

$$\frac{n_1}{n_d} = \frac{2}{3}$$

y por tanto

$$\begin{aligned} V_i^f &= \frac{8}{5} V_0 \\ V_d^f &= \frac{12}{5} V_0 \end{aligned}$$

análogamente

$$P = \frac{5}{4} P_0.$$