

PRÁCTICA 1. Termodinámica del aire seco

1.16 Suponiendo la veracidad de la segunda ley de la termodinámica, probar que un gas ideal aislado puede expandirse de forma espontánea (i.e., en el vacío) pero no puede contraerse de forma espontánea.

1.17 Un kilogramo de hielo a 0 °C se coloca en un recipiente aislado con 1 kg de agua a 10 °C y 1 atm. (a) ¿Qué parte del hielo se derrite? (b) ¿Cuál es el cambio que hay en la entropía del universo debido al derretimiento del hielo?

1.19 Determinar el peso molecular aparente de la atmósfera de Venus, suponiendo que se compone de 95% de CO₂ y 5% de N₂ por volumen. ¿Cuál es la constante de los gases para 1 kg de tal atmósfera? (Los pesos atómicos de C, O y N son 12, 16 y 14, respectivamente).

1.22 Los globos de aire caliente típicos usados en vuelos de observación alcanzan volúmenes de 3000 m³. Un peso bruto típico (globo, cesta, combustible y pasajeros, sin el aire en el globo) en un vuelo de tal globo es de 600 kg. Si la temperatura a nivel del suelo es de 20 °C, el gradiente vertical de temperatura es cero, y el globo está en equilibrio hidrostático a una altitud crucero de 900 hPa, determinar la temperatura del aire dentro del globo.

1.23 El peso bruto (globo, cesta, combustible y pasajeros, sin el gas en el globo) de dos globos es el mismo. Los dos globos navegan juntos a la misma altitud, donde la temperatura es de 0 °C y el aire ambiente es seco. Un globo se llena de helio y el otro con aire caliente. El volumen del globo de helio es de 1000 m³. Si la temperatura del globo de aire caliente es de 90 °C, ¿cuál es el volumen del globo de aire caliente?

1.32 Calcular el trabajo realizado en la compresión isotérmica de 2 kg de aire seco a una décima parte de su volumen a 15 °C.

1.33 (a) Demostrar que cuando un gas ideal sufre una transformación adiabática, entonces $pV^\gamma = \text{constante}$, donde γ es la relación entre el calor específico a presión constante (c_p) respecto del calor específico a volumen constante (c_v).

(b) 7,50 cm³ de aire a 17 °C y 1000 hPa se comprimen isotérmicamente a 2,50 cm³. Se deja que el aire se expanda adiabáticamente a su volumen original. Calcular la temperatura final y la presión final del gas.

1.34 Si el globo en el ejercicio 1.22 se llena de aire a una temperatura ambiente de 20 °C a nivel del suelo, donde la presión es de 1013 hPa, estimar la cantidad de combustible que tendrá que ser quemado para elevar el globo a una altitud de crucero de 900 hPa. Suponga que el globo está perfectamente aislado y que el combustible libera energía a una velocidad de $5 \times 10^7 \text{ J kg}^{-1}$.

Introducción a la Termodinámica Atmosférica y la Física de Nubes

1.35 Calcular el cambio en la entalpía cuando 3 kg de hielo a 0 °C, se calientan a agua líquida a 40 °C. [El calor específico a presión constante del agua líquida (en $\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}$) a T K viene dado por $c_{pw} = 4183,9 + 0,1250 T$].

1.36 Demostrar que la temperatura potencial de una parcela de aire no cambia cuando la parcela se mueve bajo condiciones adiabáticas y reversibles en la atmósfera.

1.37 La presión y la temperatura a los niveles en los que las aeronaves de reacción normalmente vuelan son típicamente 200 hPa y -60 °C. Utilice un diagrama aerológico para estimar la temperatura de ese aire si se comprime adiabáticamente a 1000 hPa. Compare su respuesta con un cálculo exacto.

1.38 Considere una masa de aire seco que se mueve con la velocidad del sonido (c_s), donde

$$c_s = \sqrt{\gamma R_d T}$$

$\gamma = c_p/c_v = 1,40$, R_d es la constante de gas para una unidad de masa de aire seco, y T es la temperatura del aire en kelvin.

(a) Derivar una relación entre la energía cinética macroscópica de la parcela de aire K_m y su entalpía H .

(b) Obtenga una expresión para la variación relativa de la velocidad del sonido por unidad de cambio de temperatura en términos de c_v , R_d , y T .

1.56 Suponiendo que la veracidad de la segunda ley de la termodinámica, probar las dos afirmaciones siguientes (conocidas como teoremas de Carnot):

(a) Ningún motor puede ser más eficiente que un motor reversible que trabaja entre los mismos límites de temperatura.

(b) Todos los motores reversibles que trabajan entre los mismos límites de temperatura tienen la misma eficacia.

1.58 Un motor reversible ideal tiene sus fuente y sumidero de calores a temperaturas de 100 y 0 °C, respectivamente. Si el motor recibe 20 J de calor de la fuente en cada ciclo, calcular el trabajo realizado por el motor en 10 ciclos. ¿Cuánto calor rechaza el motor al sumidero en 10 ciclos?

1.59 Un refrigerador tiene una temperatura interna de 0 °C y se encuentra en una habitación con una temperatura constante de 17 °C. Si el refrigerador es accionado por un motor eléctrico de 1 kW de poder, calcular el tiempo necesario para congelar 20 kg de agua ya enfriada a 0 °C cuando se coloca en el refrigerador. El refrigerador puede considerarse como un motor de calor ideal actuando en sentido inverso.

1.60 Una máquina de Carnot que opera a la inversa (es decir, como un acondicionador de aire) se utiliza para enfriar el interior de una casa. La temperatura interior de la casa se mantiene a T_i y la exterior es T_0 ($T_0 > T_i$). Debido a que las paredes de la casa no son perfectamente aislantes, el calor se transfiere a la casa a una velocidad constante dada por

Introducción a la Termodinámica Atmosférica y la Física de Nubes

$$\left(\frac{dq}{dt}\right)_{\text{leakage}} = K(T_o - T_i)$$

donde $K (> 0)$ es una constante.

- (a) Deducir una expresión de la potencia (es decir, la energía utilizada por segundo) requerida para impulsar el motor de Carnot a la inversa en términos de T_o , T_i , y K .
- (b) Durante la tarde, la temperatura exterior aumenta de 27 a 30 °C. ¿Qué incremento porcentual en la potencia es necesario para conducir la máquina de Carnot en sentido inverso a fin de mantener la temperatura interior de la casa a 21 °C?

1.61 Calcular el cambio en la entropía de 2 g de hielo inicialmente a -10 °C que se convierte en vapor a 100 °C debido al calentamiento.

1.62 Calcular el cambio en la entropía cuando 1 mol de un gas ideal diatómico inicialmente a 13 °C y 1 atm cambia a una temperatura de 100 °C y una presión de 2 atm.