Física 2 – Segundo Parcial

04 de julio de 2011

Justifique claramente su trabajo. Indique las unidades en los resultados intermedios y finales. Identifique y revise su trabajo antes de entregar. Cada ejercicio vale 20 puntos y cada pregunta vale 5 puntos. Tiempo: 4 horas.

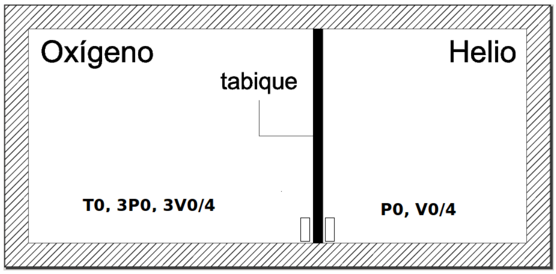
Ejercicio 1

a) Demuestre, partiendo de la primera ley y de la definición de entropía, que el cambio de entropía *para cualquier proceso* entre estados $(i) \to (f)$ de n moles de un gas ideal esta dado por

$$\Delta S = n\tilde{c}_V \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + nR\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right).$$

donde $\tilde{c}_V$ es el calor específico molar para el gas y $R = 8.341$ J/molK es la constante universal de los gases.

Un recipiente rígido y aislado térmicamente del exterior está dividido en dos partes por medio de un tabique adiabático que se mantiene fijo por topes (vea la figura). Uno de los recintos contiene átomos de Helio (He) y el otro contiene oxígeno molecular (O_2), ambos en estado gaseoso muy diluido. Hay igual cantidad de moléculas de ambos gases en cada recinto. Inicialmente, se sabe que para el Oxígeno: $P_1 = 3P_0$, $V_1 = \frac{3}{4}V_0$ y $T_1 = T_0$, mientras que para el Helio: $P_2 = P_0$ y $V_2 = \frac{1}{4}V_0$. Las constantes P_0, T_0 y V_0 son conocidas y determinan el problema.



b) Se retiran los topes y el aislamiento del tabique que separa los recintos, de modo que ahora es un tabique diatermo libre de moverse sin rozamiento. Hallar la variación de entropía del universo una vez alcanzado el nuevo estado de equilibrio.

c) Partiendo del recipiente con ambos gases en la misma situación inicial, se retira el tabique, permitiendo la mezcla de los gases. Hallar la variación de entropía del universo una vez alcanzado el nuevo estado de equilibrio. Analice si era esperable el resultado obtenido en comparación con el de la parte (b).

Nota: indicar claramente el estado final de cada gas. Exprese sus resultados exclusivamente en términos de las constantes P_0, T_0 *y* V_0.

Ejercicio 2

Un tubo *cerrado por ambos extremos* tiene largo $L = 1$ m y sección transversal $A = 100\,\text{cm}^2$. El tubo contiene 0.64 moles de aire a presión $P_0 = 200$ kPa, supuesto gas ideal.

a) La velocidad del sonido en un gas satisface $v_s^2 = B_s/\rho$ siendo ρ la densidad y B_s la *compresibilidad adiabática*, $B_s = -V\left.\frac{\partial P}{\partial V}\right|_S$. Demuestre que la velocidad del sonido en el tubo se puede expresar en términos de la temperatura T como $\boxed{v_s = \sqrt{\gamma R_g T}}$ y halle la velocidad del sonido en el tubo.

b) Hallar *las dos frecuencias más bajas*, f_1 y f_2 (con $f_2 > f_1$), de las ondas estacionarias que soporta este tubo. Hay nodos o antinodos de presión en los extremos del tubo ?

c) Construya la expresión matemática para la onda estacionaria de presión en el tubo, superponiendo dos ondas viajeras con fases adecuadas. En cierto instante $t = t^*$, bosqueje ΔP en el tubo para las frecuencias f_1 y f_2.

d) Para la frecuencia fundamental f_1, indique (justificadamente) en que puntos del tubo un micrófono sensible puede detectar la máxima potencia acústica.

Notas: (Ejercicio 2)

i) La constante universal de los gases es $R = 8.314\,\mathrm{kJ/kmol\,K}$ y la masa molar del aire es $29\,\mathrm{g/mol}$.

ii) La coordenada x se toma de forma que $x = 0$ indica a uno de los extremos del tubo. Se recuerda la relación entre amplitud de desplazamiento y amplitud de presión: $\Delta P = -B_s \frac{\partial s}{\partial x}$.

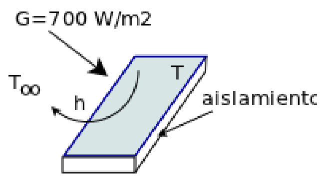
iii) $\sin(a) + \sin(b) = 2\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$, $\quad \sin(a) - \sin(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\sin\left(\frac{a-b}{2}\right)$,
$\cos(a) + \cos(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$, $\quad \cos(a) - \cos(b) = -2\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)\sin\left(\frac{a-b}{2}\right)$.

Pregunta 1

Demuestre, a partir de la Segunda ley de la Termodinámica, que no existe una máquina térmica más eficiente que una máquina térmica reversible que opere entre las mismas temperaturas.

Pregunta 2

Sobre una lámina metálica delgada incide un flujo de calor $G = 1000\,\mathrm{W/m^2}$. La lámina emite calor por radiación e intercambia calor con el aire ambiente a $T_\infty = 25\,^\circ\mathrm{C}$ por convección con coeficiente h. La cara inferior de la lámina está perfectamente aislada, ver figura. La cara superior se ha pintado con una pintura de emisividad $\epsilon = 0{,}50$ (independiente de la longitud de onda).



¿Cuál será el menor valor de h para que la temperatura de la placa no supere los $60\,^\circ\mathrm{C}$?

Nota: la constante de Stefan-Boltzmann es $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ \mathrm{W/m^2K^4}$.

Pregunta 3

Dos submarinos sumergidos (A y B) se encuentran en ruta de colisión frontal durante unas maniobras de entrenamiento. El A se mueve a $20.2\,\mathrm{km/h}$ y el B se mueve a $94.6\,\mathrm{km/h}$ con respecto al agua, como se muestra en la figura:

Se supone que no hay corrientes. El submarino **A** envía una señal de sonar de frecuencia $1030\,\mathrm{Hz}$ en dirección al submarino **B**. Estas ondas viajan a $v_s = 5470\,\mathrm{km/h}$ en el agua de mar.

¿ Qué frecuencia capta el detector de sonar del submarino **A** ?

Pregunta 4

Una barra metálica aislada del ambiente tiene $L = 1\,\mathrm{m}$ de largo y sección transversal $A = 10\,\mathrm{cm^2}$. Un extremo está en contacto con una reserva térmica a $200\,^\circ\mathrm{C}$ y el otro extremo sumergido en un balde que contiene 4 kg de agua líquida y 4 kg de hielo, todo a $0\,^\circ\mathrm{C}$. Se observa que todo el hielo se derrite en 10 minutos. El calor latente del hielo es $333\,\mathrm{kJ/kg}$.

a) Hallar la conductividad térmica k de la barra.

b) Hallar la variación de entropía del universo asociada al proceso
(que termina cuando se ha derretido todo el hielo).