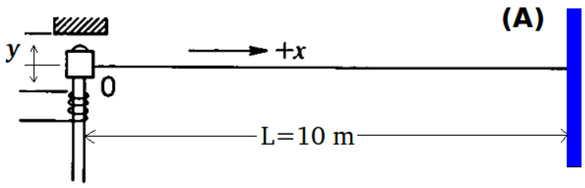
Examen de Física 2

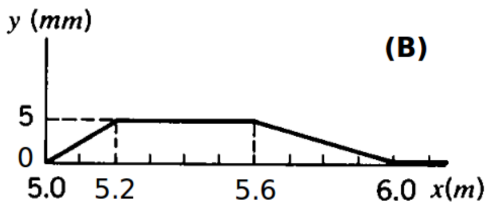
22 de julio de 2011

Justifique claramente su trabajo. Indique las unidades de las magnitudes en los resultados intermedios y finales. Identifique y revise su trabajo antes de entregar. Criterio de aprobación: se requiere (i) al menos un ejercicio y una pregunta sustancialmente bien y (ii) más del 50 % del total de ejercicios y preguntas.

Ejercicio 1

Se desea estudiar el movimiento vertical rápido de un interruptor de contacto móvil (relé). Para ello, se fija un extremo (O) de una cuerda fina de masa 5 g a la parte móvil del contacto (ver figura **A**). El otro extremo de la cuerda se fija a una pared a $L = 10\,\text{m}$ del contacto, de tal modo que la tensión en la cuerda es de 100 N. El contacto se hace funcionar brevemente de modo que el interruptor (inicialmente abierto) pasa a su posición cerrada, permanece cerrado durante un tiempo corto y se abre nuevamente. Un poco después una fotografía de la cuerda muestra la deformación que describe la figura **B**, para la porción de la cuerda entre $x = 5\,\text{m}$ y $x = 6\,\text{m}$ (siendo $x = 0$ el punto O donde la cuerda esta unida al contacto). El resto de la cuerda no tiene deformación en ese instante.





(a) Dibuje un gráfico del *desplazamiento del contacto en función del tiempo*, tomando $t = 0$ como el instante en el que el contacto comienza a moverse. ¿Durante cuánto tiempo estuvo el contacto completamente cerrado?

(b) ¿Cuál es la velocidad máxima del contacto? ¿Corresponde a la etapa ascendente o descendente del movimiento del interruptor?

(c) ¿En que instante se tomó la fotografía de la cuerda?

(d) Hallar la energía cinética asociada al pulso.

(e) Bosqueje la forma de la cuerda luego de que el pulso se ha reflejado en la pared.

Nota: Esta perturbación viaja por la cuerda sin deformarse (medio no dispersivo).

Ejercicio 2

Se dispone de un cilindro metálico largo, de longitud L, cubierto de un tubo hecho de madera. El radio interno del tubo es a y el radio externo es b. El cilindro metálico se encuentra inicialmente ($t = 0$) a una temperatura $T_a = 100\,°\mathrm{C}$, y la temperatura ambiente es $T_\infty = 20\,°\mathrm{C}$. Entre la superficie exterior, a temperatura T_b, y el ambiente hay transferencia de calor convectiva con resistencia térmica $R_h = 0.5\,\mathrm{K/W}$. La capacidad calorífica del cilindro es $C = 60\,\mathrm{kJ/K}$.

a) Partiendo de la ley de conducción de calor (Ley de Fourier) y despreciando efectos de borde, obtenga un expresión para la resistencia térmica de conducción, R_c, del tubo de madera en términos de la conductividad térmica de la madera k, la longitud del tubo, L, y los radios a y b.

b) Para un tubo de madera de largo $L = 3\,\mathrm{m}$, de radios interno y externo $a = 5\,\mathrm{cm}$ y $b = 10\,\mathrm{cm}$ respectivamente, y conductividad térmica $k = 0.10\,\mathrm{W/mK}$, se considera la temperatura del cilindro metálico en función del tiempo: $T_a(t)$. Determine la ecuación que determina la tasa de variación de esta temperatura, tomando en cuenta la transferencia de calor por conducción y convección (expresela en términos de T_∞ y $\tau = C(R_c + R_h)$). Halle y bosqueje $T_a(t)$, tomando en cuenta los valores mencionados para $T_a(0)$ y T_∞.

c) Halle $T_b(t)$, la temperatura en la superficie exterior del cilindro de madera y bosqueje, en la misma gráfica que $T_a(t)$, obtenida en la parte anterior.

Ejercicio 3

Se dispone de un cilindro con un pistón que pretende utilizarse como máquina térmica. El cilindro contiene metano, gas que se considerará como ideal, con un calor específico molar a presión constante $\tilde{c}_P = 4,27R$ ($R = 8.314\,\mathrm{J/mol\,K}$). El sistema opera en un ciclo con dos etapas isóbaras y dos etapas isócoras cuasiestáticamente. Además, se sabe que soporta una presión interna máxima $P_{max} = 1\,\mathrm{MPa}$. Su volumen puede variar entre 2 litros y 4 litros. Se utilizarán dos reservas térmicas para intercambiar calor con el sistema, a temperaturas $T_H = 800\,\mathrm{K}$ y T_L y con $T_L < T_H$.

a) Describa las etapas del ciclo que permite que esta máquina realice **la mayor cantidad posible de trabajo**. Represente los procesos en un diagrama P-V (incluyendo las isotermas relevantes). *Explique su razonamiento.*

b) Se sabe que la eficiencia térmica del ciclo es $\eta = 0{,}05$. Halle la temperatura de la reserva fría, T_L.

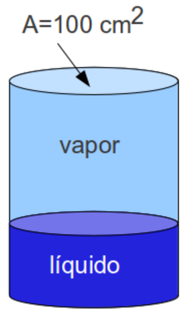
Pregunta 1

Se ha determinado que una vivienda pierde calor al ambiente a una tasa de $\dot{Q}_p = 13.5\,\mathrm{MJ/h}$ cuando la temperatura exterior es de 5 °C. En estas condiciones, se desea usar una bomba de calor para mantener la temperatura en el interior de la vivienda a 20 °C.

(a) Defina el rendimiento termodinámico o COP para la bomba de calor.
(b) Determine la potencia consumida por la bomba de calor, $\dot{W}$ (en kW), sabiendo que su rendimiento a las temperaturas indicadas es el 20 % del máximo posible.

Nota: puede considerar que la vivienda es lo bastante grande como para ser modelada como una reserva térmica.

Pregunta 2



Un recipiente cerrado de sección $A = 100\,\mathrm{cm}^2$ contiene agua líquida en equilibrio con su vapor a $T = 100\,°\mathrm{C}$ y $P = 101.3\,\mathrm{kPa}$.

Obtenga una expresión, en términos de P y T, para la cantidad de moléculas de vapor que impactan por segundo, $\dot{N}_v$, sobre la superficie del líquido. Calcule esta tasa sabiendo que el Número de Avogadro es $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ y la masa molar del agua es $w = 18\,\mathrm{g/mol}$.

Formulario: Se recuerda la distribución gaussiana,

$$f_x(v_x) = \sqrt{\frac{\beta}{\pi}}\, e^{-\beta v_x^2}, \qquad f(v^2) = \left(\frac{\beta}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\beta v^2}, \qquad \text{con } \beta = \frac{m}{2kT}$$

donde f_x es la distribución en una dimensión, $f(v^2)$ con $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ es la distribución en tres dimensiones, ambas normalizadas a 1. La constante β se define en términos de la masa molecular m y $k = 1.38 \times 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$ es la constante de Boltzmann. Se dan las integrales definidas (para $a > 0$)

$$I_0 = \int_0^\infty e^{-ax^2}\,dx = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{a}}, \qquad I_1 = \int_0^\infty x e^{-ax^2}\,dx = \frac{1}{2a}, \qquad I_2 = \int_0^\infty x^2 e^{-ax^2}\,dx = \frac{1}{4a}\sqrt{\frac{\pi}{a}}.$$

Pregunta 3

Se tiene una moneda apoyada sobre una mesa y ubicada cerca del borde. La moneda tiene masa $m = 2.24\,\mathrm{g}$, su superficie es $2.5\,\mathrm{cm}^2$ y la densidad del aire en condiciones normales es $1.29\,\mathrm{kg/m^3}$. La aceleración de la gravedad es $g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$.

Se sopla horizontalmente por encima de la moneda para que la misma se eleve sobre la mesa. Estime la velocidad mínima del flujo de aire para que esto ocurra. Desprecie el espesor de la moneda y suponga que, al soplar, el aire debajo de la moneda esta prácticamente estacionario.