9$^{\text{na}}$ Olimpiadas Metropolitanas de Física

Problemas de opción múltiple

Nivel inicial - Resolución

Resolución del Problema 1.

Pregunta 1

Durante el primer tramo del movimiento, que ocurre en la zona sin rozamiento, la energía se conserva. Así, la velocidad con la que el fichín ingresa en la zona de rozamiento es v_1. Para ver qué ocurre luego, usamos el principio que establece que la variación de energía cinética equivale al trabajo de las fuerzas no conservativas:

$$\Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i} = W_{NC}.$$

Como la única fuerza no conservativa que realiza trabajo sobre el fichín es la fuerza de rozamiento que, además, se opone al movimiento, la ecuación queda:

$$\frac{1}{2}m(v_{f_1}^2 - v_1^2) = -F_{roz}d,$$

donde v_{f_1} es la velocidad final de la trayectoria 1, $F_{roz} = \mu N = \mu mg$ es el módulo de la fuerza de rozamiento (dinámica) y $d = 1,21$ m es la distancia recorrida por el fichín en la zona de rozamiento. Despejando y pidiendo que $v_{f_1} \geq 0$ para que el fichín llegue efectivamente al arco, lllegamos a la siguiente condición:

$$v_{f_1}^2 = v_1^2 - 2\mu gd \geq 0. \tag{1}$$

Resolviendo, se obtiene que la respuesta correcta es la **d.**,

$$v_1 \geq 3,1\,\text{m/s}$$

Pregunta 2

Para resolver esta pregunta, partimos de la igualdad en la Ecuación (1). La diferencia con el caso anterior es que aquí tenemos el valor concreto de v_{f_1}.

$$v_1^2 = v_{f_1}^2 + 2\mu gd \implies v_1 = 7,6\frac{m}{s}.$$

La respuesta correcta es la **a.**

Pregunta 3

Al recorrer la trayectoria 2, el fichín choca contra el borde de la mesa de tejo, perdiendo un 35 % de su energía cinética. Es decir, que la energía después de chocar, E_{c_f}, es el 65 % de la energía cinética inicial, E_{c_i}. Esto arroja:

$$E_{c_f} = 0,65E_{c_i} \implies v_{f_2}^2 = 0,65\,v_2^2,$$

donde v_{f_2} es la velocidad del fichín después del choque. Si queremos que Santiago le imprima al fichín una velocidad inicial v_2 que le gane a los reflejos de Alejandro, como pide el enunciado, lo que debemos pedir es que $v_{f_2} \geq 7\,\text{m/s}$, como señalaba la Pregunta 2. Con esto, llegamos a que la respuesta correcta es la **d.**,

$$v_2 \geq 8,7\text{m/s}$$

Pregunta 4

Este es un problema de tiro oblicuo, donde tenemos los datos de posición inicial, posición final deseada y velocidad inicial (el módulo y los ángulos de cada caso). Pueden descomponerse las velocidades, obteniéndose

$$v_{0_x}^S = v_0 \cos(\alpha^S) = 29,84\,\mathrm{m/s}\,, \qquad v_{0_y}^S = v_0\,\mathrm{sen}(\alpha^A) = 3,14\,\mathrm{m/s}$$
$$v_{0_x}^A = 29,63\,\mathrm{m/s}\,, \qquad v_{0_y}^A = 4,69\,\mathrm{m/s},$$

donde los valores que tienen superíndice S, corresponden al tiro de Santiago y los que tienen superíndice A, al de Alejandro. Utilizando la ecuación de movimiento en dirección horizontal,

$$x_f = x_0 + v_{0_x} t,$$

podemos despejar los tiempos de arribo de ambas flechas a la posición x donde se encuentra el globo, obteniéndose

$$t_S = 0,50\,\mathrm{s} \qquad \text{y} \qquad \mathrm{t_A} = 0,51\,\mathrm{s}.$$

Reemplazando estos tiempos en la ecuación para la coordenada vertical,

$$y_f = y_0 + v_{0_y} t - \frac{1}{2} g\,t^2,$$

para los dos casos, se obtiene

$$y_S = 1,35\,\mathrm{m} \qquad \text{e} \qquad y_A = 2,12\,\mathrm{m}.$$

Como el globo se encuentra a una altura de 2 metros y tiene $0,4$ m de alto, la flecha lanzada por Alejandro impacta en el globo, mientras que la de Santiago pasa por debajo, haciendo que la respuesta correcta sea la **d.**

Pregunta 5

Este último ítem se resuelve prácticamente igual que el anterior. Con los nuevos valores de los ángulos, se recalculan las velocidades iniciales, los tiempos de arribo de las flechas a la posición x en la que se encuentra el globo y la coordenada y que alcanzan en ese instante. Se obtiene que la flecha lanzada por Santiago, llega en $t_S = 0,58\,s$ a $y_S = 8,1\,m$, mientras que la que es lanzada por Alejandro llega a $y_A = 3,7\,m$ en $t_A = 0,52\,s$.

Al analizar el movimiento rectilíneo uniforme del globo, vemos que en t_A se encuentra a $4,6\,m$ de altura, mientras que en t_S alcanzó los $4,9\,m$. Con esto, se ve que la respuesta correcta es la **e.**, o sea, ninguna de las otras respuestas, ya que la flecha de Alejandro pasa por debajo del globo, mientras que la de Santiago pasa por arriba.

Resolución del Problema 2.

Pregunta 6

Dado que el jugo es esencialmente agua, al igual que los cubos de hielo, la única temperatura posible en la que pueden estar en equilibrio ambas fases (en condiciones normales) es a los 0 °C, indistintamente de los datos del problema.

Respuesta correcta: c.

Pregunta 7

La condición necesaria para que Juan haya podido observar restos de hielo en la bebida es que el jugo haya pasado a estar a 0 °C. El calor Q que hay que quitarle al sistema jugo es por ende

$$Q = m_j \cdot c_j \cdot (T_f - T_i) = 500\,\text{g} \cdot \frac{1\,\text{cal}}{\text{g}\,^\circ\text{C}} \cdot (0\,^\circ\text{C} - 25\,^\circ\text{C}) = -12500\,\text{cal} \tag{2}$$

El signo menos se debe a que el jugo pierde calor: es decir, hay que quitarle 12500 cal. Ese calor hay que quitárselo descongelando hielo. El calor que se quita cuando se absorbe una masa m_H de hielo es

$$|Q| = l \cdot m_H = 80\,\frac{\text{cal}}{\text{g}} \cdot m_H, \text{ pero se necesita} \tag{3}$$

$$|Q| = 12500\,\text{cal}, \text{ luego} \tag{4}$$

$$m_H = \frac{12500\,\text{cal}}{80\,\frac{\text{cal}}{\text{g}}} = 156\,\text{g} \tag{5}$$

Como cada cubito tiene masa 50 g y $156/50 = 3{,}12$, para tener esa masa se necesitan al menos 4 cubos de hielo.

Respuesta correcta: b.

Pregunta 8

Estamos suponiendo un sistema adiabático (térmicamente aislado), por ende se tiene que dar que la suma entre los calores cedidos y los absorbidos por los distintos componentes del sistema (teniendo en cuenta su signo) es nula: $Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} = 0$. El que cede calor es el jugo y el que lo absorbe es el hielo, que usa parte de ese calor para descongelarse y parte para calentarse cuando ya es agua:

$$Q_{\text{ced}} + Q_{\text{abs}} = 0 = m_j \cdot c_j \cdot (T_f - T_{i,j}) + m_H \cdot l + m_H \cdot c_a \cdot (T_f - T_{i,H}), \tag{6}$$

donde, como antes, $m_j = 500$ g, $c_j = c_a = 1$ cal/ g °C, $T_{i,j} = 25\,^\circ$C, $T_{i,H} = 0\,^\circ$C y $l = 80$ cal/ g, mientras que, como se sabe que se arroja un solo cubito de hielo, $m_H = 50$ g. La incógnita aquí es T_f, que es la temperatura de equilibrio del sistema. Obsérvese el tercer término, que representa el calor que absorbe la masa de hielo para elevar su temperatura una vez que se ha fundido, y por lo tanto corresponde en él usar el calor específico del agua líquida c_a. Operando para despejar la incógnita:

$$0 = (m_j c_j + m_H c_a)T_f - m_j c_j T_{i,j} - m_H c_a T_{i,H} + m_H l \tag{7}$$

$$T_f = \frac{m_j c_j T_{i,j} + m_H c_a T_{i,H} - m_H l}{m_j c_j + m_H c_a} = \frac{8500\ \text{cal}}{550\ \text{cal}/\,°\text{C}} = 15{,}5\,°\text{C}. \tag{8}$$

Respuesta correcta: c.

Pregunta 9

En primer lugar, calculamos el volumen sumergido de hielo V_{sum}. Como el hielo está flotando, son iguales su peso y el empuje que siente:

$$m_H g = \rho_a g V_{\text{sum}}, \tag{9}$$

donde $m_H = 200\,\text{g}$, y $\rho_a = 1\,\text{g}/\,\text{cm}^3$ es la densidad del agua. Por lo tanto, independientemente de g, el volumen de hielo sumergido es:

$$V_{\text{sum}} = \frac{m_H}{\rho_a} = \frac{200\ \text{g}}{1\ \text{g}/\text{cm}^3} = 200\ \text{cm}^3, \tag{10}$$

que es igual al volumen de agua líquida desplazada. Así, el nivel del agua se desplazará hacia arriba una altura $h = V_{\text{sum}}/A$, siendo A el área de la base. En este caso, como la base es circular:

$$A = \pi R^2 = \pi (5\,\text{cm})^2 = 78{,}5\,\text{cm}^2, \tag{11}$$

con lo cual $h = (200\,\text{cm}^3)/(78{,}5\,\text{cm}^2) = 2{,}5\,\text{cm}$.

Respuesta correcta: e.

Pregunta 10

Nuevamente, para tener un poco de idea de la situación intentamos calcular el volumen sumergido del cuerpo (un cubito de hielo hueco), planteando la condición de flotación

$$m_t g = \rho_a g V_{\text{sum}}, \tag{12}$$

donde $m_t = m_H + m_{\text{aire}}$ es la masa total del cubito, que no es dato. Sin embargo, se puede recuperar la masa de cada componente a partir de su volumen y la densidad:

$$m_t = m_H + m_{\text{aire}} = \rho_H V_H + \rho_{\text{aire}} V_{\text{aire}} \tag{13}$$

$$= (0{,}917\,\text{g}/\text{cm}^3).[(2\,\text{cm})^3 - (1\,\text{cm})^3] + (0{,}0013\,\text{g}/\text{cm}^3).(1\,\text{cm})^3 \tag{14}$$

$$= 6{,}42\ \text{g} + 0{,}0013\ \text{g} = 6{,}42\ \text{g}. \tag{15}$$

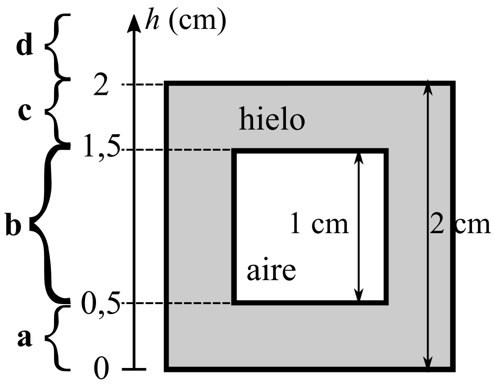
Vemos que la contribución de la burbuja de aire a la masa total es despreciable, por lo que se podría haber ignorado en el cálculo. Como antes, se calcula

$$V_{\text{sum}} = m_t/\rho_a = \frac{6{,}42\ \text{g}}{1\ \text{g}/\text{cm}^3} = 6{,}42\,\text{cm}^3. \tag{16}$$

Como el cubo tiene una cara paralela a la superficie del agua, la profundidad a la que está sumergido viene dada por $h = V_{\text{sum}}/A$, donde $A = (2\text{ cm})^2 = 4\text{ cm}^2$ es el área de dicha cara. Por lo tanto el cubito está sumergido a una profundidad de

$$h = (6{,}42\text{ cm}^3)/(4\text{ cm}^2) = 1{,}6\text{ cm}. \tag{17}$$

Las respuestas propuestas se corresponden con valores para h según se ilustra en la figura. Para el valor obtenido de h, se observa que el hueco está totalmente sumergido pero no el cubo de hielo.



Respuesta correcta: c.