

### Problema 1

Considere el sistema de la figura 1(a), el cual consiste en dos espejos planos que forman un ángulo  $\alpha < 90^\circ$ . Además en la región interior entre ambos espejos hay agua (cuyo índice de refracción es  $n' = 1,33$ ); mientras que en la parte superior hay aire ( $n = 1$ ). En todos los casos considerados suponga que el rayo, luego de refractarse en la superficie aire-agua, se refleja primero en el espejo inferior. (Tenga en cuenta que las respuestas posibles están expresadas en grados redondeándolas a valores enteros en todos los casos)

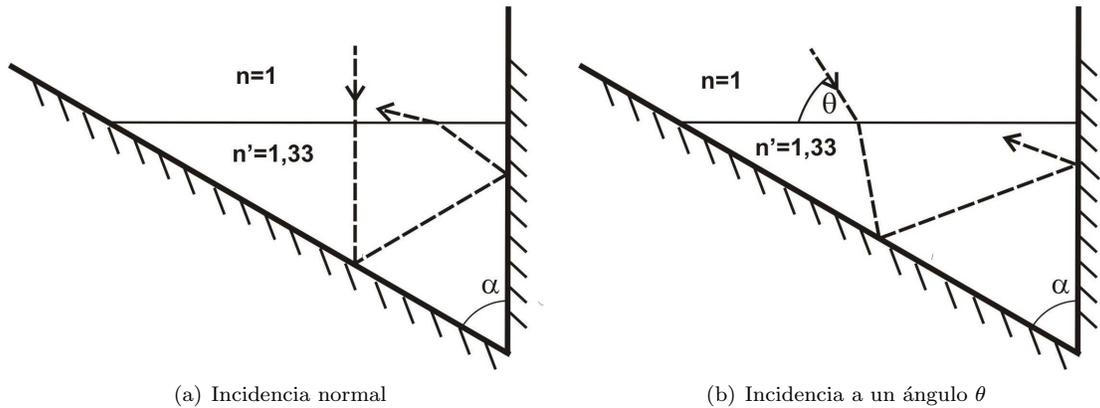


Figura 1: Problema 1

**Pregunta 1:** Si el rayo incidente es perpendicular a la superficie del agua (ver figura 1) ¿Cuál es el ángulo  $\alpha$  que deben formar los espejos entre sí para que el rayo emergente salga paralelo y rasante a la superficie del agua?

- a.  $71^\circ$
- b.  $66^\circ$
- c.  $62^\circ$
- d.  $57^\circ$
- e.  $53^\circ$

**Pregunta 2:** Si, nuevamente, el rayo incidente es perpendicular a la superficie del agua. ¿Cuál es el ángulo  $\alpha$  que deben formar los espejos para que el rayo emergente sea también perpendicular a la superficie del agua?

- a.  $63^\circ$
- b.  $54^\circ$
- c.  $45^\circ$
- d.  $35^\circ$
- e. No existe ningún ángulo que cumpla la condición exigida.

**Pregunta 3:** Ahora suponga que el ángulo  $\alpha = 60^\circ$  y que el rayo incidente forma un ángulo  $\theta$  respecto de la superficie del agua (ver figura 1(b)). Suponga también que  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  ¿Cuál debe ser el valor mínimo del ángulo  $\theta$  para que el rayo se refleje al menos 2 veces en el sistema de espejos antes de emerger del agua y que además dicha condición se cumpla independiente del punto de la superficie del agua en el que el rayo pudiera incidir inicialmente?

- a.  $48^\circ$
- b.  $34^\circ$

- c.  $42^\circ$
- d. La condición se cumple para todo  $\theta$  tal que  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ .
- e. No existe ningún ángulo que cumpla la condición exigida.

## Problema 2

Cerebro, el némesis de Dexter, planea destruir la luna como muestra de su intelecto superior. Para ello dispone de un misil *Cerebrex* de masa  $m_0$ , cuando el tanque de combustible se encuentra vacío, que solo puede explotar si hace impacto con una velocidad igual a  $v_c$ . Además dicho proyectil necesita de un combustible secreto X que entrega, por cada litro utilizado, una energía  $E$  (el cohete transforma instantáneamente toda la energía del combustible en energía cinética, considere despreciable la masa del combustible usado). Considere al sistema Tierra-Luna fijo (sin traslación ni rotación), desprece la interacción con otros cuerpos del sistema solar y suponga que se lanza al satélite en dirección vertical hacia la luna

**Pregunta 4:** ¿Cuántos litros (L) de combustible X son necesarios para que el cohete llegue a la Luna y logre explotar? Considere los siguientes datos útiles: (masa de la tierra)  $M_T = 81 \cdot M_L$ ; (radio de la tierra)  $R_T = 4 \cdot R_L$ ; (distancia Tierra-Luna)  $D_{TL} = 221 R_L$ ;

- a.  $L = \frac{m_0 v_c^2}{2E} + 38 \frac{G m_0 M_L}{E R_L}$
- b.  $L = \frac{m_0 v_c^2}{4E} + 19 \frac{G m_0 M_L}{E R_L}$
- c.  $L = \frac{m_0 v_c^2}{2E} + 30 \frac{G m_0 M_L}{E R_L}$
- d.  $L = \frac{m_0 v_c^2}{2E} + 19 \frac{G m_0 M_L}{E R_L}$
- e.  $L = \frac{m_0 v_c^2}{E} + 38 \frac{G m_0 M_L}{E R_L}$

**Pregunta 5:** ¿Cuál es la velocidad  $V_0$  con la que debe partir para llegar a la luna con  $V_c$ ?

- a.  $v_0 = \sqrt{2v_c^2 + 19 \frac{G M_L}{R_L}}$
- b.  $v_0 = \sqrt{v_c^2 + 38 \frac{G M_L}{R_L}}$
- c.  $v_0 = \sqrt{2v_c^2 + 38 \frac{G M_L}{R_L}}$
- d.  $v_0 = \sqrt{v_c^2 + 19 \frac{G M_L}{R_L}}$
- e.  $v_0 = \sqrt{v_c^2 + 10 \frac{G M_L}{R_L}}$

## Problema 3

En un estanque se encuentra flotando un bloque de hielo con forma de prisma de masa  $M_1 = 7300\text{kg}$ , cuya base tiene una superficie  $S_1 = 8\text{m}^2$ , obviamente menor que la del estanque, y una altura  $h = 1\text{m}$ . Se apoya sobre el mismo una esfera de masa  $M_2 = 500\text{kg}$ , como se ve en la figura 2(a). Al apoyar la esfera, el sistema formado por la misma y el bloque de hielo se desplaza de su equilibrio, de modo que comienza a oscilar.

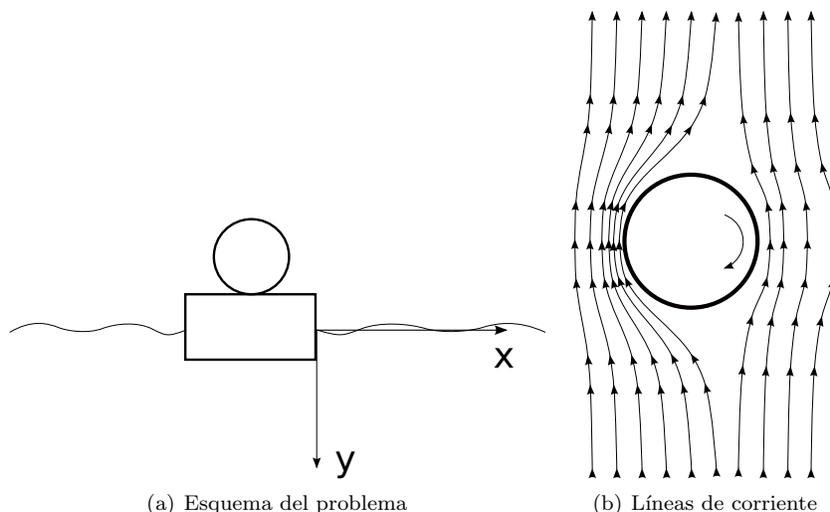


Figura 2: Problema 3

**Pregunta 6:** Hallar la altura del bloque de hielo que queda sumergida una vez que el sistema alcanza el equilibrio.

- a. 97.5 cm
- b. 2.5 cm
- c. 91.5 cm
- d. 9.0 cm
- e. 15.0 cm

**Pregunta 7:** Antes de que el sistema llegue al equilibrio, el mismo oscila verticalmente. El empuje varía con la profundidad  $y$  a la que se encuentra la base del prisma en cada instante. Cuando el sistema se encuentra desplazado verticalmente de su equilibrio ( $y \neq y_0$ ) existe una fuerza neta que actúa de manera similar a la fuerza restitutiva de un resorte. Es posible expresar esta fuerza neta  $F$  como una función de la distancia  $y$ . En particular, es posible expresar esta fuerza mediante una expresión de la forma  $F(y) = a - by$ . Si tomamos como *positiva* la fuerza en dirección hacia *abajo*, indicar cuál de las siguientes opciones da la expresión correcta para los coeficientes  $a$  y  $b$  en función de las variables del problema.

- a.  $a = -(M_1 + M_2)g$        $b = \rho S_1 g y_0$
- b.  $a = (M_1 + M_2)g$        $b = \rho S_1 g$
- c.  $a = -(M_1 - M_2)g$        $b = \rho S_1 g$
- d.  $a = (M_1 + M_2)g$        $b = \frac{M_1}{h} g$
- e.  $a = (M_1 + M_2)/2 \cdot g$        $b = \frac{M_1}{h} g$

**Pregunta 8:** A partir de lo obtenido en el punto anterior, y por analogía con el movimiento armónico simple de un resorte, determinar la frecuencia  $f$  de oscilación del sistema como función de  $a$ ,  $b$  y las demás magnitudes relevantes del problema.

- 1.  $f = \sqrt{\frac{b}{M_1 + M_2}}$
- 2.  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a+b}{M_1 + M_2}}$
- 3.  $f = 2\pi \sqrt{\frac{b}{M_1}}$

$$4. f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{b}{M_1 + M_2}}$$

**Pregunta 9:** Luego de un tiempo, el bloque de hielo se derrite. La esfera tiene densidad mayor que la del agua del estanque y comienza a sumergirse hacia el fondo del mismo. Si, a medida que se sumerge, la esfera se encuentra rotando las líneas de corriente (vistas desde el sistema de referencia solidario a la esfera) son como las que se muestran en la figura 2(b). Con esta información ¿Qué se puede inferir del movimiento de la esfera en la dirección horizontal?.

- Al caer, la esfera se mueve también hacia la izquierda.
- Al caer, la esfera se mueve también hacia la derecha.
- La esfera no tiene movimiento horizontal, cae en dirección perfectamente vertical.
- No se puede inferir nada sobre el movimiento horizontal de la esfera a partir de las líneas de corriente.
- La esfera mantiene su movimiento hacia la izquierda o hacia la derecha con la misma velocidad con la que se comenzó a sumergir.

### Problema 4

Una tira formada por dos metales unidos entre sí (bimetal), se muestra en la figura 3 y tiene un espesor total  $x$  a temperatura  $T$ . Considere que los coeficientes de expansión lineal de los dos metales son  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , con  $\alpha_1 < \alpha_2$ . Suponga que cada metal tiene espesor  $x/2$  y que  $x \ll R$ .

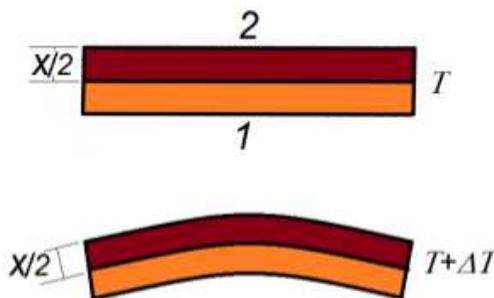


Figura 3: Bimetal antes y después de calentarse

**Pregunta 10:** ¿Cuál es el radio de curvatura  $R$  del bimetal cuando se lo calienta hasta una temperatura  $T + \Delta T$ ?

- $R = \frac{x}{4} \frac{(2 + (\alpha_1 + \alpha_2)\Delta T)}{(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta T}$
- $R = \frac{x}{2} \frac{(1 + (\alpha_1 + \alpha_2)\Delta T)}{(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta T}$
- $R = \frac{x}{2} \left( (\alpha_2 - \alpha_1)\Delta T + \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \right)$
- $R = x \frac{(4 + (\alpha_1 + \alpha_2)\Delta T)}{(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta T}$
- $R = \frac{x}{2} \left( (\alpha_2 - \alpha_1) + \frac{\alpha_2 + \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \Delta T \right)$

### Problema 5

Como se muestra en el esquema de la figura 4, un pobre esquiador con masa  $m_e = 80$  kg parado en la posición  $d = 50$  m observa como una avalancha de nieve de masa  $M = 500$  kg se aproxima hacia él. Vamos a considerar que sobre la avalancha no actúa ninguna fuerza de rozamiento y que  $\alpha = 40^\circ$  y  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

**Pregunta 11:** Suponiendo que cuando el esquiador comienza a descender una avalancha está en la posición  $D$  con una velocidad  $V = 25\text{m/s}$  y que sólo el esquiador siente la fuerza de rozamiento con la nieve con coeficiente  $\mu = 0,5$ , diga cuánto debe valer  $D$  para que el esquiador y la avalancha lleguen juntos a la base.

- a. 109 m
- b. 149 m
- c. 191 m
- d. 205 m
- e. 279 m

**Pregunta 12:** Desde la base de la montaña logran atar al esquiador con una soga y le ejercen una fuerza  $F$  paralela a la superficie para ayudarlo a descender más rápido. Si en este caso la avalancha tiene una masa  $3M$  y parte del reposo desde  $D = 100\text{m}$ . En este caso,  $\mu = 0,8$  y la fuerza de rozamiento, nuevamente, actúa sólo en el esquiador. ¿Cuál es la mínima  $F$  para que el esquiador llegue antes que la avalancha a la base?

- a. 0 N
- b. 105 N
- c. 233 N
- d. 281 N
- e. Para ninguna  $F$  el esquiador se salva de la avalancha.

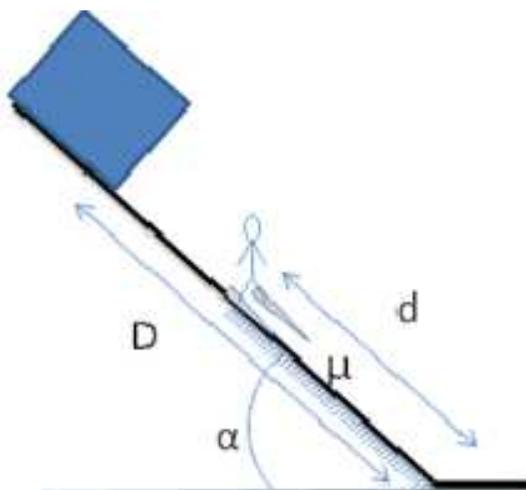


Figura 4: Esquema del problema

## Problema 6

En un laboratorio, Lidia y Leandro inventan un juego para pasar el rato. Se tiene un tubo por el que se libera una partícula de masa  $m = 6,67 \cdot 10^{-22}$  kg y carga  $q = 1,44 \cdot 10^{-18}$  C, de la forma que se muestra en la figura 1 (con velocidad inicial despreciable). El objetivo del juego es embocar la partícula en el hoyo  $H$ . El jugador dispone de un botón que le permite activar o desactivar en el tubo un campo eléctrico uniforme, paralelo al tubo, de módulo  $E = 1,2$  N/C. Un segundo botón desactiva este campo, y activa un campo magnético uniforme de módulo  $B = 0,15$  T hasta que la partícula pegue en una pared del tubo o en  $H$ . Un esquema del juego se puede ver en la figura 5. Ignore la gravedad y el campo generado por el movimiento de la partícula.

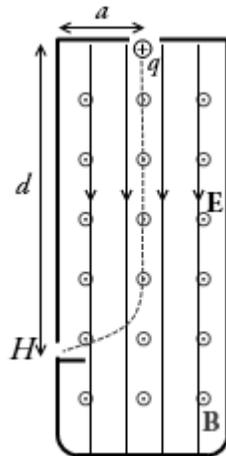


Figura 5: Esquema del flipper iónico, siendo  $d = 50$  cm y  $a = 5$  cm.

**Pregunta 13:** Para generar el campo eléctrico, Lidia y Leandro quieren usar placas conductoras paralelas conectadas a una pila. Si su separación va a ser de  $\frac{3}{2}d$ , ¿cuál debe ser la fem de la pila?

- a. 1,5 V
- b. 0,9 V
- c. 6 V
- d. 400 mV
- e. 2 V

**Pregunta 14:** Lidia y Leandro quieren instalar un sistema de seguridad para ayudar al principiante. ¿Qué rapidez mínima debe alcanzar una partícula para que haya esperanza de embocarla en  $H$  sólo por acción del campo magnético?

- a. 8,4 m/s
- b. 16,2 m/s
- c. 25,1 m/s
- d. 32,4 m/s
- e. 50,9 m/s

**Pregunta 15:** En una partida, Norma deja avanzar la carga 30 cm con el campo eléctrico prendido. ¿Qué distancia adicional la debe dejar recorrer (con el campo apagado) antes de activar el campo magnético, para embocarla en  $H$ ?

- a. 8 cm
- b. 9 cm
- c. 10 cm
- d. 13 cm
- e. 16 cm

## Respuestas

Pregunta	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					