

**CUARTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA  
(ONUF)  
18 de marzo de 2016**



**DATOS PERSONALES:**

**Nombres y Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Universidad:** \_\_\_\_\_ **País:** \_\_\_\_\_

**Carrera:** \_\_\_\_\_ **Año que cursa:** \_\_\_\_\_

**Teléfono:** \_\_\_\_\_ **Correo Electrónico:** \_\_\_\_\_

**Número de Identidad:** \_\_\_\_\_

**FIRMA:** \_\_\_\_\_

**PUNTUACIONES:** 1:\_\_\_ , 2:\_\_\_ , 3:\_\_\_ , 4:\_\_\_ , 5:\_\_\_ **TOTAL:** \_\_\_\_\_

**LAS SOLUCIONES:**

- Las soluciones a problemas diferentes deben escribirse en hojas separadas.
- Se permite el uso de calculadoras.

**PUNTUACIÓN:**

- El valor de cada problema se encuentra escrito en el enunciado respectivo. Se darán puntos por soluciones parciales.

**DURACIÓN:**

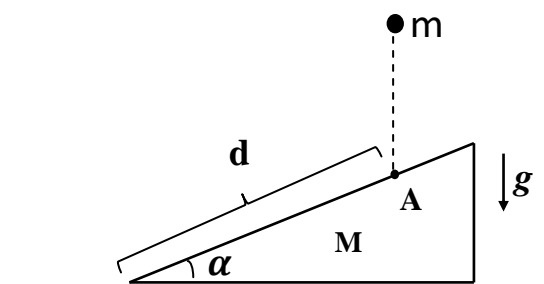
- 4½ horas.



### Problema 1: Movimiento de una cuña. (20 puntos)

Sobre una superficie horizontal se encuentra en reposo una cuña de masa  $M = 8.0 \text{ kg}$  y ángulo de base  $\alpha = 30^\circ$  como se muestra en la figura. Asuma que la cuña se desliza sobre rieles que solo permiten su movimiento horizontal sin fricción. Sobre la cuña se deja caer verticalmente una pequeña esfera de masa  $m = 2.0 \text{ kg}$  desde una altura de  $50 \text{ cm}$  del punto A representado, el cual se encuentra a una distancia  $d = 1.0 \text{ m}$  del vértice de la cuña. El choque entre esta última y la esfera es perfectamente elástico:

- Determine la rapidez con que se moverá la cuña después de ser impactada sobre el citado punto A.
- Determine las componentes de la velocidad de la esfera inmediatamente después del choque, el valor absoluto de la velocidad con que sale y el ángulo que forma con la vertical.
- Después que la esfera rebota en la cuña; ¿chocará de nuevo contra esta, o caerá sobre la superficie del piso? Argumente mediante cálculos.

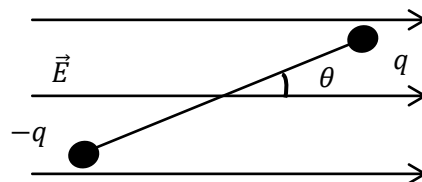


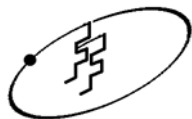
Nota: Considere  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

### Problema 2: Dipolo en campos eléctricos y magnéticos. (20 puntos)

El movimiento de dipolos eléctricos se usa comúnmente en diversas aplicaciones. Por ejemplo, la electro y dielectroforesis son técnicas que permiten manipular pequeños objetos polarizados como moléculas o nanohilos. Suponga un modelo de dipolo simplificado que consiste en una barra rígida de longitud  $d$  con dos pequeños cuerpos cargados en sus extremos de igual masa  $m$  y cargas contrarias  $q$  y  $-q$ . Desprecie cualquier pérdida y responda:

- Suponga que el dipolo está colocado en una región donde existe un campo eléctrico uniforme de intensidad  $E$ , de forma que su eje forma un ángulo  $\theta$  con la dirección del campo como se indica en la figura. Determine su frecuencia de oscilación. En este y en los demás incisos suponga que el ángulo  $\theta$  es muy pequeño.
- Además de oscilar, se puede provocar el desplazamiento del dipolo como un todo si se usa un campo eléctrico no uniforme. Suponga que la intensidad del campo eléctrico aumenta linealmente con la distancia en el sentido del campo con constante de proporcionalidad  $\beta$ . Encuentre la aceleración del centro de masas.
- Un modo diferente de poner en movimiento el dipolo consiste en aplicar un campo magnético perpendicular al campo eléctrico constante. Suponga que en el instante en que el dipolo se encuentra en la posición inicial indicada en la figura se conecta un campo magnético de inducción  $B$  perpendicular al plano de la figura y dirigido hacia adentro. Encuentre una expresión aproximada para la coordenada del centro de



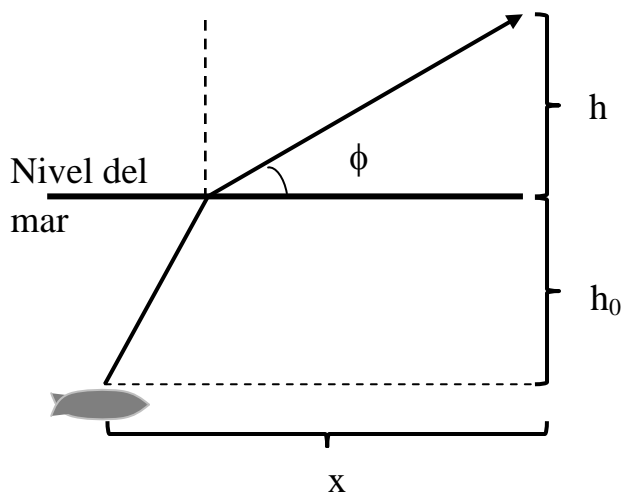


masa dirigida a lo largo de la dirección de  $E$ , en función del tiempo (considere que la aplicación del campo magnético no cambia apreciablemente las características del movimiento oscilatorio).

### Problema 3: A la caza del pez. (20 puntos)

Un francotirador se encuentra en el borde de un muelle a una altura  $h$  sobre el nivel del mar. Ve un pez en el fondo (a una profundidad  $h_0$ ) en una dirección que forma un ángulo  $\phi$  con respecto a la superficie del agua y se dispone a dispararle. El índice de refracción del agua es  $n_1$  y del aire  $n_0$ .

- Determine la posición en la que el francotirador ve al pez.
- Determine la distancia del pez a la que pasa un proyectil (que no se desvía al pasar por el agua) que es disparado por el francotirador que apunta en dirección hacia donde ve al pez.



### Problema 4: Estimación de la altura de las nubes. (20 puntos)

El gráfico muestra una nube verticalmente estrecha contenida entre dos planos indicados por las líneas rectas dibujadas. Asuma que la nube está formada por una mezcla de aire con vapor de agua que se encuentra en equilibrio con gotas de agua esféricas de diámetro micrométrico ( $D = \sim 10 \mu m$ ), que están separadas una distancia media  $\lambda_g$  de  $1.0 \text{ mm}$ . Considere que el vapor no se difunde apreciablemente fuera de los dos planos mencionados, que la estructura de la mezcla es homogénea y que las gotas de agua están en reposo (es decir no ejercen una presión apreciable). Es una ley conocida que la temperatura del aire decrece con la altura a razón de  $1^\circ \text{C}$  aproximadamente por cada 100 metros de altura. Asuma además conocida la curva de presión de vapor de agua saturado en función de la temperatura dada por la expresión aproximada  $P_v = rT^2$  y que la presión atmosférica varía con la altura  $z$  sobre el nivel del mar con una ley exponencial  $P(z) = P_{at} e^{-z/h_0}$ . Suponga que tanto el aire como el vapor satisfacen la ley de los gases ideales  $P = \frac{\rho}{\mu} RT$  donde  $\mu$  es la masa molar del gas,  $P$  es su presión,  $\rho$  su densidad de masa,  $R$  es la constante de los gases ideales y  $T$  es la temperatura. Utilizando la información anterior:

- Halle una fórmula para la altura a que se encuentra la nube sobre el suelo que está a nivel de mar con una presión atmosférica de valor  $P_{at}$  y a una temperatura  $T_a = 25^\circ \text{C}$ .



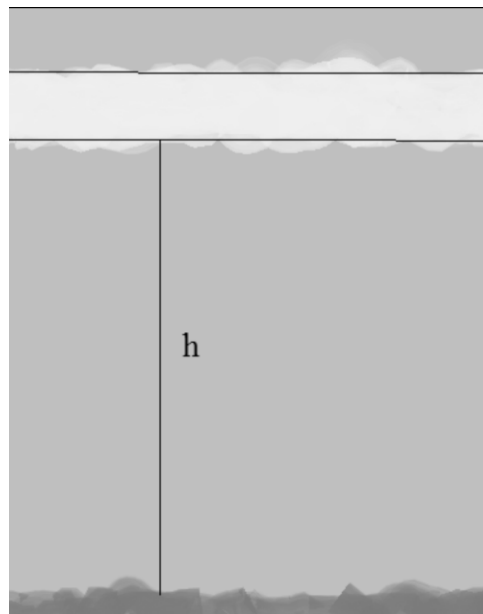
CUARTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA  
(ONUF)  
18 de marzo de 2016



b) Calcule numéricamente la altura.

Datos adicionales:

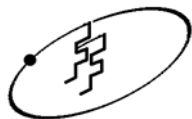
1. Constante de Boltzmann  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
2. Constante de los gases ideales  $k = 8.32 \frac{\text{J}}{\text{mol-K}}$
3. Masa molar del aire  $\mu_{\text{aire}} = 29 \text{ kg/kmole}$
4. Masa molar del vapor  $\mu_{\text{vapor}} = 18 \text{ kg/kmole}$
5. Densidad del agua  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1.0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
6.  $h_0 = 7.4 \cdot 10^3 \text{ m}$
7.  $r = 10.1 \frac{\text{Pa}}{^\circ\text{C}}$
8.  $P_{\text{at}} = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
9. Número de Avogadro =  $6.02 \cdot 10^{23}$



**Problema 5: Radiación laser. (20 puntos)**

Un modelo simplificado de un láser consiste en una cavidad de longitud  $L$  limitada por espejos semitransparentes en sus extremos que pueden dejar pasar una pequeña fracción  $\eta$  de la radiación que reciben. Esto se conoce como cavidad resonante. Dentro de esta cavidad se encuentra un gas sometido a una descarga eléctrica que mantiene estacionariamente  $N_0$  átomos en el nivel  $E_0$  y  $N_1$  átomos en el nivel  $E_1$  de modo que  $E_1 - E_0 = h\nu$ . En estas condiciones los átomos en estado  $E_1$  pueden emitir fotones al transitar al estado  $E_0$  con probabilidad por unidad de tiempo conocida  $p$  lo que se conoce como emisión espontánea. Una vez que existan  $n$  fotones en la cavidad, estos pueden también ser absorbidos por átomos en el estado  $N_0$  con probabilidad por unidad de tiempo  $p_{\text{ab}} = n p$ ; al mismo tiempo ocurre el fenómeno de la emisión estimulada según el cual, los átomos en estado  $N_1$  pueden emitir fotones estimuladamente con probabilidad por unidad de tiempo también conocida  $p_{\text{em}} = (n+1) p$ . Determine:

- a) Una expresión para el número de fotones,  $n$ , por unidad de tiempo que salen de los dos espejos hacia el exterior en términos de  $p$ ,  $\eta$ ,  $L$  y la velocidad de la luz  $c$ . Considere que en cada sentido a lo largo del eje de la cavidad, se mueven la mitad de los fotones.
- b) La dependencia de la cantidad de fotones  $n$  con el tiempo en el caso no estacionario, asumiendo que los otros parámetros de mantienen con valores constantes y que  $n$  es nula en el instante inicial.
- c) Una fórmula en términos de todas las magnitudes antes definidas, para la cantidad de fotones  $n$  excitados, en el caso de que se alcanza un estado estacionario.



CUARTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA  
(ONUF)  
18 de marzo de 2016



d) Basado en la fórmula anterior encuentre la condición que debe cumplirse para que el número de fonones tienda a infinito en el estado estacionario. Esta es la condición para que exista generación de radiación laser en el sistema.

Nota. La solución de la ecuación diferencial  $\frac{dy}{dx} = Ay$  con A constante es  $y = Ce^{Ax}$  donde C es una constante a determinar.

