



**QUINTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
PRIMERA OLIMPIADA LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (OLUF)
7 de abril de 2017**



DATOS PERSONALES:

Nombre: _____

Universidad: _____

País: _____ **Carrera:** _____ **Año que cursa:** _____

Teléfono: _____ **C. Electrónico:** _____

Numero de Identidad: _____

FIRMA: _____

PUNTUACIONES: 1:___ , 2:___ , 3:___ , 4:___ , 5:___ **TOTAL:** _____

LAS SOLUCIONES:

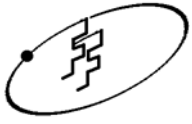
- Las soluciones a problemas diferentes deben escribirse en hojas separadas.
- Se permite el uso de calculadoras.

PUNTUACIÓN:

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

DURACIÓN:

- 4½ horas.



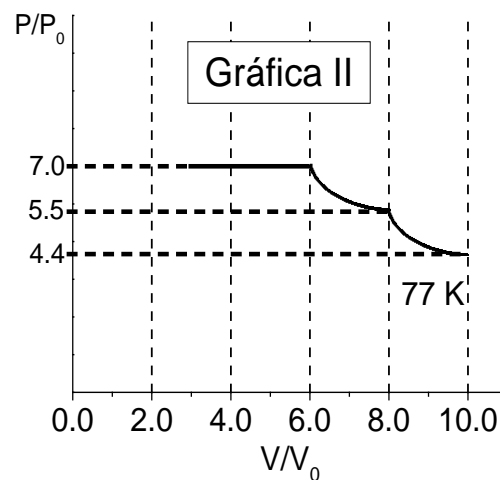
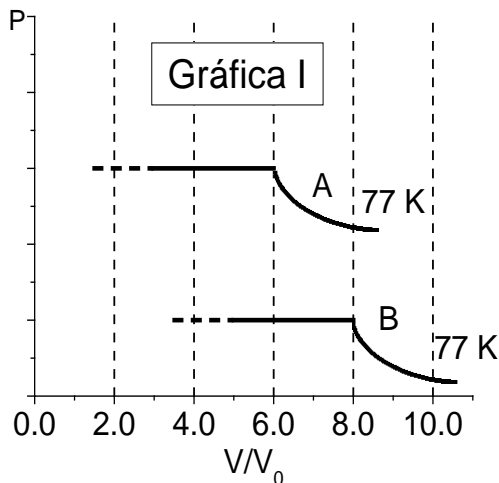
Problema 1: Condensación de vapores. (20 puntos)

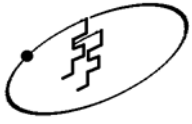
En recipientes idénticos, se comprimen por separado vapores de oxígeno y nitrógeno a la temperatura constante de 77 K. La gráfica I muestra dos curvas A y B que se obtienen en un diagrama P-V para estos vapores hasta lograr estados bifásicos en los que ha comenzado la condensación; sólo que los valores en el eje de presión así como la identificación de la sustancia correspondiente a cada curva se borraron. Sin embargo, se conservó la gráfica II de la suma de las presiones de las curvas A y B también en un diagrama P-V en la cual las unidades de presión y volumen (P_0 y V_0 respectivamente) son arbitrarias. La masa de nitrógeno utilizada es 200 g. Se conoce que la temperatura de ebullición del nitrógeno a presión normal ($P_A = 1,01 \cdot 10^5$ Pa) es 77 K, y que a esta presión, el oxígeno tiene una temperatura de ebullición mayor:

- Identifique la curva que corresponde a cada gas en la gráfica I. Argumente.
- Expresé las unidades arbitrarias P_0 y V_0 en el S.I. (Pa y m^3 respectivamente)
- Determine la presión de vapor saturado del oxígeno a 77 K.
- Determine la masa de oxígeno utilizada.
- Estime la temperatura de ebullición del oxígeno a presión normal.

Información adicional:

- Durante una transición entre dos fases se cumple la ecuación de Clausius-Clapeyron: $\frac{dP}{dT} = \frac{\lambda}{T(v_2 - v_1)}$ en la que T es la temperatura a la que ocurre la transición a la presión P dada, λ es el calor latente por mol correspondiente, y v_2, v_1 los volúmenes molares de ambas fases. Considere aplicable la ecuación de estado del gas ideal para el vapor saturado y desprecie el volumen molar del líquido con respecto al volumen molar que ocupa el gas, durante la transición de líquido a vapor.
- Masas molares del oxígeno y nitrógeno: $\mu_O = 32$ g/mol, $\mu_N = 28$ g/mol
- Calor latente de vaporización por mol del oxígeno: $\lambda_v = 6,84 \cdot 10^3$ J/mol





QUINTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
PRIMERA OLIMPIADA LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (OLUF)
7 de abril de 2017



Problema 2: El kilogramo y el sistema internacional. (20 puntos)

El Sistema Internacional de Unidades se construye a partir de las unidades de siete magnitudes físicas fundamentales, entre ellas el segundo (tiempo), el metro (longitud) y el kilogramo (masa). Estas unidades, que inicialmente se definieron a partir de patrones físicos, se definirán en el futuro, con ayuda de la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, en términos de siete constantes universales. Desde 1983 el segundo se define fijando el valor numérico $\nu_0 = 9\,192\,631\,770\text{ s}^{-1}$ ($1\text{s}^{-1} = 1\text{Hz}$) para la frecuencia de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado básico de un átomo de Cesio 133 en reposo. Una vez definido el segundo, se fijó la velocidad de la luz en el vacío $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$, y el metro resulta la distancia recorrida por la luz en $1/299\,792\,458\text{ s}$.

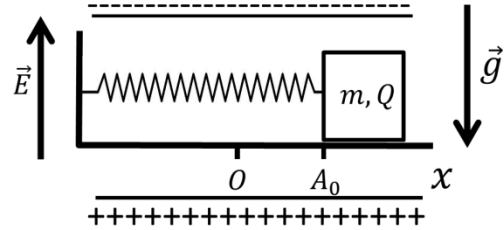
$$1\text{s} = 9\,192\,631\,770 \frac{1}{\nu_0}; \quad 1\text{m} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\nu_0}$$

- a) El kilogramo se define actualmente como la masa de un cilindro de platino e iridio, llamado “prototipo del kilogramo” que se conserva en París. Si se fijase el valor de la constante de Planck $h = 6.626\,06X \cdot 10^{-34}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, donde X es un número por determinar, ¿cómo quedará definido el kilogramo? ¿Cómo se interpretaría físicamente esta definición?
- b) El valor actualmente recomendado para la constante de Planck es $6.62606957 \times 10^{-34}\text{ J s}$ ($X=9.57$), con una incertidumbre de 44 partes por billón ($\Delta X=0,044$). ¿Es esta exactitud suficiente para que la incertidumbre del nuevo kilogramo sea menor que la del prototipo del kilogramo actual, que es 10^{-8} ?



Problema 3: Oscilador amortiguado por fricción de deslizamiento en presencia de un campo eléctrico de pulso cuadrado. (20 puntos)

Considere un cuerpo sólido de masa m y carga positiva Q sobre una superficie horizontal Ox conectado a una pared mediante un resorte de constante de elasticidad k como se muestra en la figura. Todo el sistema se encuentra en el interior de un condensador plano que produce un campo eléctrico \vec{E} dirigido hacia arriba cuyo módulo varía con el tiempo en forma del pulso cuadrado:



El vector \vec{g} representa la intensidad del campo gravitatorio y $T = 2\pi\sqrt{m/k}$. La posición $x = 0$ corresponde con el estado no elongado del resorte. Los coeficientes de fricción estático y dinámico entre el cuerpo y la superficie se consideran iguales y se representan por μ . Inicialmente ($t = 0$) el cuerpo se encuentra en reposo en la posición ($A_0 > \frac{\mu mg}{k}$)

- Escriba la ecuación de movimiento del sistema descrito anteriormente.
- ¿Cuál será el comportamiento del oscilador para tiempos grandes (estado estacionario), se detiene o continúa oscilando perennemente? Si se detiene, encuentre la distancia máxima del origen de coordenadas ($x = 0$) a la que lo puede hacer. Si continúa oscilando perennemente, encuentre la amplitud máxima que pueden tener dichas oscilaciones. **Sugerencia:** dibuje un diagrama $x(t)-v(t)$ del movimiento del oscilador.
- Encuentre el decrecimiento de la desviación máxima del oscilador en la dirección positiva del eje X , ΔA , durante una oscilación. ¿Qué tiempo transcurre entre dos desviaciones máximas del oscilador en la dirección positiva del eje x ? Encuentre la dependencia de esa máxima desviación del oscilador en la dirección positiva del eje x , del tiempo t_n en que ocurre (suponga que el cuerpo realiza al menos n oscilaciones antes de alcanzar su estado estacionario).



QUINTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
PRIMERA OLIMPIADA LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (OLUF)
7 de abril de 2017



Problema 4: Dispersión angular de fotoelectrones. (20 puntos)

Supongamos que la energía mínima para extraer un determinado electrón de conducción de un metal a través de la superficie es $W = 4.0$ eV. Si se hace incidir radiación de longitud de onda 248 nm:

- Determine la energía cinética y el momento lineal con que es emitido este electrón como consecuencia de la absorción de la radiación incidente.
- Suponga que el electrón emitido es detectado en una dirección que forma un ángulo $\theta = 15^\circ$ respecto a la normal a la superficie. Determine el valor de la componente del momento lineal paralela a la superficie, p^{\parallel} , para el electrón antes de ser extraído del metal.
- Como la dirección del electrón emitido depende del valor de esta componente del momento del electrón en el metal, midiendo la energía y la dirección de los electrones emitidos se puede determinar la relación entre la energía y esta componente del momento para los electrones dentro del metal. Si se tiene un detector de electrones con una determinada resolución angular $\Delta\theta$, encuentre una expresión para Δp^{\parallel} , o sea la resolución en p^{\parallel} .
- De acuerdo con la expresión anterior discuta como se puede favorecer la resolución en p^{\parallel} , con relación a los parámetros energía del fotón y θ .
- Considere el metal como un pozo de potencial de altura $V_0 = 6.0$ eV en el que los electrones se mueven libremente y que está limitado por la superficie. Determine el valor de la componente del momento lineal perpendicular a la superficie para el electrón dentro del metal, p^{\perp} .

Datos.

Masa del electrón: $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

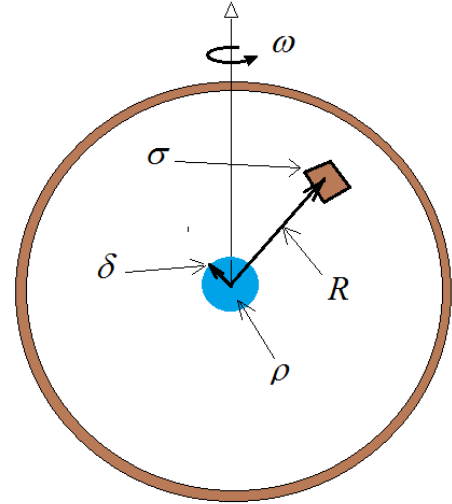
Constante de Planck: $6.62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Velocidad de la luz: $2.99 \times 10^8 \text{ m/s}$



Problema 5: Analogía electro-magneto-gravitatoria. (20 puntos)

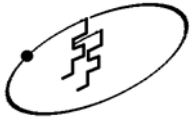
Imagine un sistema como el ilustrado en la figura, que está constituido por un cascarón esférico de radio R , cubierto con una distribución de carga superficial homogénea σ que rota con respecto a un eje z que pasa por su centro con velocidad angular ω (se asume que $\frac{\omega R}{c} \ll 1$ donde c es la velocidad de la luz). En el centro de la esfera hay un cuerpo deformable de dimensiones $\delta \ll R$, con densidades de masa y de carga volumétricas ρ y λ , respectivamente, ambas homogéneas. Dicho objeto rota también con velocidad angular constante Ω con respecto al mismo eje que la esfera. Tenga en cuenta las siguientes expresiones para los campos eléctricos y magnéticos (en el sistema internacional de unidades) asociados a cargas móviles de valor q , que son válidas en una aproximación lineal en $\frac{|\vec{v}|}{c}$: $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|^3}$ y $\vec{B} = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$, donde \vec{r} es el vector que va desde



la posición de la carga hasta el punto de observación, \vec{v} es la velocidad de dicha carga y ϵ_0, μ_0 son la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética del vacío. Considere entonces las siguientes tareas:

- 1) Argumente que existe una velocidad angular $\vec{\Omega}$ diferente de cero del cuerpo deformable en el interior de la esfera que rota, para la cual dicho cuerpo mantiene la forma que tiene en ausencia de interacciones que lo deformen. Calcule el valor de esa velocidad en términos de las magnitudes dadas. Asuma que los campos eléctrico y magnético son homogéneos en todo el volumen del cuerpo deformable.
- 2) Evalúe la carga neta superficial que hace iguales las dos velocidades angulares ω y Ω .
- 3) Obtenga el valor del signo relativo que deben tener las cargas superficiales y las del cuerpo deformable con vistas a que este último rote en el mismo sentido que la esfera.

Ahora bien, así como la Ley de Coulomb y la Ley de Gravitación Universal son análogas, en el límite de campos débiles y pequeñas velocidades de los cuerpos, los efectos gravitatorios pueden describirse aproximadamente mediante una analogía con las interacciones electro-magnéticas. De acuerdo con esto, el sistema electromagnético antes considerado es un análogo de una esfera cubierta con una densidad superficial de masa σ_g que rota y a un cuerpo deformable central idéntico al anterior, en particular en su densidad de masa ρ , si los parámetros se ajustan apropiadamente. Considere que ese ajuste se obtiene sustituyendo la densidad de carga superficial de la esfera y la densidad de carga volumétrica del cuerpo deformable según las reglas: $\sigma \rightarrow \sqrt{4\pi\epsilon_0 G} \sigma_g$ y $\lambda \rightarrow \sqrt{4\pi\epsilon_0 G} \rho$, donde G es la constante de gravitación universal. Responda entonces las siguientes preguntas:



**QUINTA OLIMPIADA UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
PRIMERA OLIMPIADA LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (OLUF)
7 de abril de 2017**



4) Utilice el resultado de la pregunta 2) y las reglas de sustitución antes dadas para determinar la razón entre la masa neta superficial que igualaría las dos velocidades angulares en el caso gravitatorio, y la masa de un hueco negro $m_{HN} = \frac{c^2 R}{2G}$ con radio del hueco negro R igual al de la esfera.

5) De acuerdo al principio de Mach: “los sistemas de referencia inerciales deben estar determinados por el estado de movimiento de las masas materiales circundantes a ellos”. Comente acerca de la relación de los resultados obtenidos con ese principio.

Información adicional:

a) Considere, tal como sucede en el caso gravitatorio para cuerpos de la vida cotidiana, que la densidad de carga del cuerpo deformable es lo suficientemente pequeña para hacer despreciable las fuerzas internas entre sus partes.

b) La fuerza de Lorentz que ejerce un campo externo sobre una carga q tiene la forma $\vec{f}_L = q(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B})$

c) Considere la relación $\epsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2}$