



**SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014**



DATOS PERSONALES:

Nombre: _____

Universidad: _____

Carrera: _____ **Año:** _____

Dirección: _____

Teléfono: _____ **e-mail:** _____

Fecha de nacimiento: _____ **Carnet de Identidad:** _____

FIRMA: _____

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

LAS SOLUCIONES:

- Las soluciones a problemas diferentes deben escribirse en hojas diferentes.
- 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:

- 5 horas.



SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014



Problema 1. (20 puntos)

En un recipiente cilíndrico vertical se encuentra un líquido transparente con índice de refracción $n = 1,5$. Desde arriba, incide verticalmente un haz cilíndrico de luz, de modo que los ejes del recipiente y del haz coinciden. Con el recipiente en reposo el haz ilumina el **90%** del fondo del mismo. Si el recipiente con el líquido se pone a rotar, el haz logra iluminar toda la superficie del fondo cuando la altura del líquido en el eje desciende ligeramente y se estabiliza a $h = 40 \text{ cm}$ del fondo (mayor que el diámetro del recipiente). ¿Cuál es la velocidad angular con la que está rotando el recipiente? La aceleración de gravedad es $g = 10 \text{ m/s}^2$. La absorción de la luz por el líquido puede ser despreciada.



SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014



Problema 2. Modelo simple del efecto invernadero y el calentamiento global (20 puntos)

- a) Estime la potencia media S_0 de la radiación solar que llega a la Tierra, suponiendo que el Sol es un cuerpo negro esférico de radio $r_s \approx 696\,000\text{ km}$ y temperatura $T_s \approx 5\,800\text{ K}$, situado a 8 minutos y 19 segundos luz de la Tierra. ¿Cuál es la longitud de onda del máximo del espectro de la radiación solar? ¿A que región del espectro electromagnético corresponde?
- b) Se conoce que aproximadamente el 30 % de la energía incidente S_0 es reflejada y el resto absorbida por la Tierra y su atmósfera. Si el radio de la tierra r_T es unas 109 veces menor que el del Sol ¿Cuál será la temperatura T_0 que garantiza el balance energético de la Tierra y su atmósfera con el espacio exterior? ¿Cuál es la longitud de onda del máximo del espectro de la radiación terrestre? ¿A qué región del espectro em corresponde?
- c) La presencia de CO_2 , vapor de agua, metano y otros gases que absorben la radiación infrarroja, hacen que la atmósfera terrestre presente “resistencia” al flujo de la radiación emitida por su superficie. De forma simple, esto se puede caracterizar atribuyéndole una conductividad térmica efectiva K finita y da lugar a que la temperatura T de la superficie terrestre sea mayor que la temperatura T_0 de su atmósfera exterior. En eso consiste el efecto invernadero (A. B. Wolbarst. Am. J. Phys., Vol. 67, No. 10, October 1999). Sabiendo que actualmente $T \approx 288\text{ K}$ y suponiendo que la atmósfera es una capa homogénea, calcule el valor actual de K .
- d) La conductividad térmica de la atmósfera $K(c)$ depende de la concentración c de CO_2 , según la ley empírica:

$$K = \frac{2K_1}{1 + c/c_1}$$

Donde $c_1 = 280\text{ ppmv}$ (partes por millón en volumen) era la concentración pre industrial (1750) de CO_2 . ¿En cuanto se ha incrementado desde entonces la temperatura t de la superficie terrestre por este concepto, si la concentración actual es 360 ppmv? ¿En cuánto aumentará en los próximos 50 años si se mantienen las emisiones de CO_2 al nivel actual, que hacen crecer la concentración a un ritmo de 1 ppmv/año?

Nota. El estimado más exacto disponible, que tiene en cuenta la presencia de otros gases y considera un modelo más exacto de la atmósfera terrestre, predice un valor un poco mayor que el estimado anterior.

Datos. De acuerdo a la ley de Stefan- Boltzmann, la potencia radiada por unidad de área por un cuerpo negro a la temperatura T es $P = \sigma T^4$, donde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$. De acuerdo a la ley del desplazamiento de Wien, el espectro de esta radiación presenta un máximo a la longitud de onda $\lambda = \frac{b}{T}$, donde $b = 2,897756 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K}$

La ley empírica de Fourier establece que el flujo de calor por unidad de área y de tiempo \vec{J}_Q es proporcional al gradiente de temperatura: $\vec{J}_Q = -\kappa \nabla T$.



SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014



Problema 3. Interacción imán-superconductor (20 puntos)

En 1911 el físico holandés Kamerlingh Onnes descubrió que en algunos materiales la resistencia eléctrica caía a cero por debajo de cierto valor de temperatura. A este fenómeno se le llamó *superconductividad* y a los materiales que lo presentan, superconductores. Unos años más tarde, en 1933, W. Meissner y R. Oschenfeld descubrieron que los superconductores, además de no tener resistencia eléctrica, se comportaban como diamagnéticos perfectos, esto quiere decir que en el interior de estos materiales, el campo magnético es nulo. Este es el conocido efecto Meissner.

Supongamos que tenemos una pastilla superconductora, la cual podemos considerar infinita, encima de la cual se coloca un imán de masa m cuyo polo norte apunta hacia la pastilla, de modo que el momento dipolar magnético \vec{p} del imán tiene la dirección que muestra la figura. Considere que el vector \vec{p} se encuentra todo el tiempo en dirección vertical y que las dimensiones del imán pueden ser despreciadas. Todo el sistema se encuentra en el campo gravitatorio terrestre.



- Determine la energía potencial de interacción entre el superconductor y el imán.
- Grafique la forma aproximada de la energía potencial total del imán en función de la distancia a la superficie del superconductor.
- Halle a qué distancia h_0 de la pastilla superconductora el imán quedará en reposo.
- Demuestre que si colocamos el imán a una distancia de la pastilla superconductora que esté en la vecindad de h_0 , este realizará un movimiento armónico simple. Determine la frecuencia de las oscilaciones.



Información. La proyección en z del campo magnético de un dipolo \vec{p} en un punto del espacio se calcula como: $B_z = \frac{\mu_0}{4\pi} p \frac{(3z^2 - r^2)}{r^5}$, donde el eje z se encuentra dirigido en la misma dirección del momento dipolar \vec{p} y r es la distancia que hay desde el dipolo al punto en el cual queremos calcular el campo.



SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014



Problema 4. Modelo del Mesón (20 puntos)

Los mesones han sido modelados como dos partículas de masa propia despreciable (quarks u y d), las cuales se atraen mutuamente por un muelle (o cuerda) que ejerce una fuerza de valor absoluto constante (denominada tensión de la cuerda). Si los quarks se encuentran en posiciones dadas por los vectores \vec{r}_1 y \vec{r}_2 , entonces la fuerza sobre cada uno puede evaluarse como menos el gradiente del llamado potencial de la cuerda $V(R)$:

$$V(R) = \sigma |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| = \sigma R,$$

el cual crece linealmente con la distancia R entre los dos quarks;

- Evalúe R y la velocidad angular del segmento que une los quarks, para los estados de movimiento clásicos de los mesones en que la distancia R entre ellos se mantiene fija. Exprese los resultados en términos de la tensión de la cuerda σ , del valor absoluto común del impulso lineal \vec{p} de cada uno de los quarks en esos estados y de la velocidad de la luz c .
- Determine además la llamada “trayectoria de Regge” que es la relación funcional que existe entre el momento angular total del mesón y su energía total elevada al cuadrado.

Información. Las partículas de masa nula se pueden definir como aquellas que se mueven con una velocidad igual a la de la luz y poseen un impulso lineal \vec{p} y una energía ϵ relacionados por la fórmula $p = \epsilon/c$.



SEGUNDA OLIMPIADA NACIONAL
UNIVERSITARIA DE FÍSICA (ONUF)
14 de marzo de 2014



Problema 5. Materia oscura (20 puntos)

El vacío es uno de los conceptos más intrigantes de la física. El siguiente problema explora qué pasaría si el vacío, es decir, la mera existencia del espacio, tuviera masa, como la tienen los cuerpos que habitualmente se encuentran en él. Considere un universo tridimensional infinito. Dicho universo está lleno de un líquido incompresible de densidad ρ_0 a temperatura y presión ambientes (T_0, P_0) . En otras palabras, el “espacio vacío” de este universo tiene una densidad ρ_0 . Entre los cuerpos con masa de dicho universo hay una fuerza atractiva que decrece como el cuadrado de la distancia, y es proporcional al producto de las masas (la habitual fuerza gravitatoria). Defina como la carga de un cuerpo con masa el signo de la diferencia de su densidad con la densidad del vacío $q = \text{Sign}(\rho - \rho_0)$. Por ejemplo, una burbuja de aire con densidad $\rho_A < \rho_0$ tiene carga $q = -1$, y otra de mercurio con densidad $\rho_M > \rho_0$ tiene carga $q = 1$.

- Si en dicho universo la única homogeneidad fuese una burbuja de aire, haga un diagrama aproximado del gradiente de presiones en torno ésta.
- Demuestre que dos burbujas de signo igual se atraen, mientras que dos de signo distinto se repelen.
- Si la fuerza entre las masas del universo fuese repulsiva en vez de atractiva, qué cargas se atraerían y cuáles se repelerían?