



Olimpiadas de Física

Fase Local de Cantabria

13 de Marzo de 2021



INDICACIONES

El tiempo del que dispones para la realización de la prueba es de 3 horas.

La prueba consta de cinco problemas, de los cuales, debes elegir cuatro y desechar uno. Cada problema, con los cálculos debidamente justificados y razonados, se calificará con un máximo de 2.5 puntos. Si así lo deseas y tienes tiempo, puedes intentar hacer los cinco, y no se tendrá en cuenta el problema con peor calificación.

En la calificación se valorará que indiques las leyes de la física utilizadas en la resolución del problema, que realices un planteamiento claro del mismo, que los desarrollos matemáticos sean correctos, así como las posibles aproximaciones y estimaciones introducidas, discusión física de los resultados obtenidos, etc.

No olvides indicar tu nombre y apellidos en cada problema y entrégalos por separado.

No es necesario que entregues las hojas en sucio.

PROBLEMA 1.

Un saltador de esquí abandona la rampa de salto con una velocidad de 90 km/h. El ángulo de ataque (ángulo que forma el vector velocidad con la horizontal en el momento del despegue) es de -10° (ver figura 1). La inclinación de la pista sobre la que se ha de aterrizar es de 45° y la resistencia del aire se supondrá despreciable. Hallar:

- [1 punto] El tiempo de vuelo del saltador, así como sus coordenadas en el momento del aterrizaje, referidas al sistema de referencia (x, y) .
- [0.5 puntos] La distancia, medida a lo largo de la pendiente, que el saltador ha estado en el aire.
- [0.5 puntos] El vector velocidad del saltador, en el momento del aterrizaje.
- [0.5 puntos] La componente de la velocidad del saltador perpendicular a la pista, en el momento del aterrizaje.

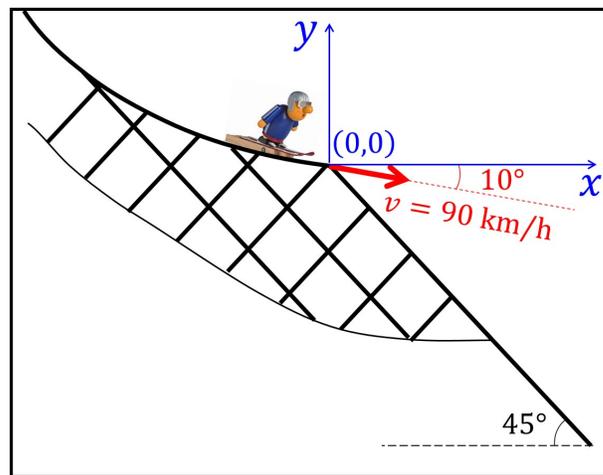


Figura 1: Saltador de trampolín en el momento de iniciar el vuelo.

PROBLEMA 2.

Una estrella cuya masa es 3 veces la de nuestro Sol, $M_e = 3M_S$, acaba su ciclo de vida colapsando bajo el efecto de su propia gravedad, convirtiéndose en una diminuta estrella de neutrones de 50 km de diámetro [ver figuras 2(a) y 2(b)]. Antes del colapso, el diámetro de la estrella es de 2×10^9 m, y su periodo de rotación es de 40 días. Suponiendo que la masa de la estrella permanece constante durante todo el proceso, hallar:

- [1 punto] Las velocidades angulares de rotación de la estrella antes (ω_1) y después (ω_2) del colapso.
- [0.75 puntos] La gravedad superficial de la estrella de neutrones.
- [0.75 puntos] La velocidad de escape en la superficie de la estrella de neutrones.

Datos:

Constante de gravitación universal: $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Masa del Sol: $M_S = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$.

Momento de inercia de una esfera sólida de masa M y radio R : $I = \frac{2}{5}MR^2$.

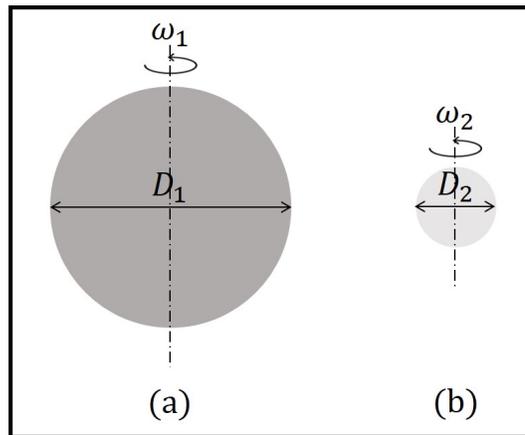


Figura 2: Representación esquemática de la estrella: (a) antes del colapso, con diámetro D_1 y velocidad angular de rotación ω_1 , (b) después del colapso, convertida en una estrella de neutrones, con diámetro D_2 y velocidad angular de rotación ω_2 (no está a escala).

PROBLEMA 3.

Una carga positiva $Q = +10^{-5}$ C se encuentra fija, en el origen de coordenadas. Una partícula alfa¹ moviéndose por el eje x se dirige hacia el origen, tal y como se muestra en la figura 3. Cuando la partícula alfa se encuentra en el punto A , a 1 metro de distancia del origen de coordenadas, lleva una velocidad $v = 2 \times 10^6$ m/s. Suponiendo despreciables los efectos de la gravedad, hallar:

- [0.5 puntos] El vector fuerza que actúa sobre la partícula alfa cuando está situada en el punto A .
- [0.5 puntos] La energía potencial de la partícula alfa en el punto A .
- [0.5 puntos] La posición en la que la partícula alfa se detiene.
- [0.5 puntos] La variación de la energía cinética de la partícula alfa cuando se encuentra en el punto A , después y antes de detenerse.
- [0.5 puntos] La variación del momento lineal de la partícula alfa cuando se encuentra en el punto A , después y antes de detenerse.

Datos:

Constante de Coulomb: $k = 9 \times 10^9$ N · m² · C⁻².

Masa de la partícula alfa: $m_\alpha = 6.64 \times 10^{-27}$ kg.

Carga de la partícula alfa: $q_\alpha = +3.2 \times 10^{-19}$ C.

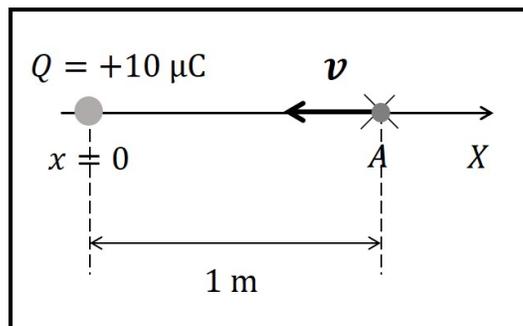


Figura 3: Partícula α acercándose con velocidad v en la dirección del eje X a una carga Q fija en el origen de coordenadas.

¹Las partículas alfa (α) son núcleos completamente ionizados de helio-4 (${}^4\text{He}$)

PROBLEMA 4.

Para medir la velocidad del sonido se utiliza un dispositivo llamado “tubo de Kundt”, en cuyo interior se generan ondas estacionarias sonoras. En una de sus posibles configuraciones, uno de los extremos se encuentra abierto (vientre) y tiene montado un altavoz a modo de generador de ondas sonoras sinusoidales. El otro extremo se encuentra cerrado (nodo), de forma que refleja las ondas sonoras que le llegan (ver figura 4).

El tubo de Kundt que vamos a manejar tiene una longitud de 50 cm, y contiene aire a una temperatura de 15 grados Celsius y presión atmosférica. La fórmula para la velocidad del sonido en un gas, en función de la temperatura, viene dada por la siguiente expresión:

$$v_s = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

donde γ es el coeficiente adiabático del gas, R es la constante universal de los gases ideales, T es la temperatura absoluta del gas y M es la masa molar del gas.

- [1 punto] Calcular la velocidad del sonido en el aire a una temperatura de 15 grados Celsius.
- [0.75 puntos] Calcular las 4 primeras frecuencias de sonido permitidas en las condiciones de presión y temperatura anteriormente citadas.
- [0.75 puntos] Si en lugar de aire, el gas en el interior del tubo de Kundt fuera helio bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, ¿cuáles serían en ese caso las 4 primeras frecuencias de sonido permitidas?

Datos:

Constante universal de los gases ideales: $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Coficiente adiabático del aire: $\gamma_{\text{aire}} = 7/5$.

Coficiente adiabático del helio: $\gamma_{\text{helio}} = 5/3$.

Masa molar del aire: $M_{\text{aire}} = 0.029 \text{ kg/mol}$.

Masa molar del helio: $M_{\text{helio}} = 0.004 \text{ kg/mol}$.

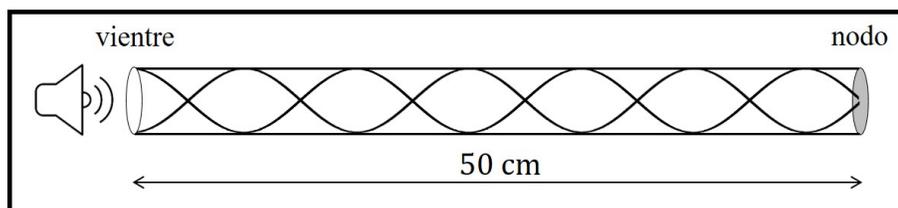


Figura 4: Tubo de Kundt, con la onda de sonido propagándose en su interior.

PROBLEMA 5.

La dispersión cromática consiste en la variación del índice de refracción de un medio con la longitud de onda. Es bien conocido el ejemplo de un haz de luz blanca incidiendo sobre un prisma: el haz refractado presenta separación de colores. La ecuación de dispersión de Cauchy es una expresión empírica que relaciona el índice de refracción y la longitud de onda,

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

Esta expresión es útil para materiales ópticos comunes como el vidrio. En general, con saber los dos primeros términos, A y B , es suficiente.

Cierto vidrio presenta los siguientes valores de las constantes de Cauchy: $A = 1.45$ y $B = 10^4 \text{ nm}^2$. En la figura 5 se muestra un haz de luz blanca incidiendo sobre un prisma equilátero de dicho vidrio, con un ángulo de 75° respecto a la normal.

- [1 punto] Determinar los índices de refracción del vidrio para una luz roja ($\lambda_R = 700 \text{ nm}$) y otra violeta ($\lambda_V = 400 \text{ nm}$).
- [1.5 puntos] Calcular los ángulos formados por dos rayos, uno de luz roja y otro de luz violeta, a la salida del prisma.

Datos:

Índice de refracción del aire: $n_a = 1$.

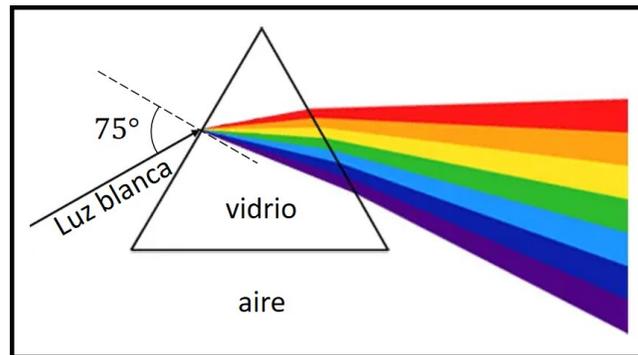


Figura 5: Descomposición de la luz al atravesar un prisma.