

PROBLEMAS DE

LAS OLIMPIADAS

INTERNACIONALES

DE FÍSICA

José Luis Hernández Pérez

Agustín Lozano Pradillo

Madrid 2008

XXIV OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA. ESTADOS UNIDOS.1993

1.- Desde el punto de vista electrostático la Tierra se considera como un buen conductor, dotada de una carga Q_0 y una densidad superficial promedio σ_0

1) Cuando las condiciones atmosféricas son buenas, existe un campo eléctrico vertical y hacia abajo, E_0 , que en las proximidades de la superficie terrestre vale 150 V/m. Calcular la densidad superficial terrestre y la carga Q_0 .

2) El módulo del campo eléctrico terrestre disminuye con la altura y su valor es 100V/m a una altura de 100 m sobre la superficie terrestre. Determinar la carga neta promedio que existe por m^3 entre la superficie terrestre y la altura de 100 m

3) La carga neta calculada en 2) es el resultado de existir casi el mismo número de iones positivos y negativos, con una sola carga. En las proximidades de la superficie terrestre y con buenas condiciones atmosféricas $n_+ \approx n_- \approx 6 \cdot 10^8 m^{-3}$. Estos iones se desplazan por la acción del campo eléctrico, siendo su velocidad proporcional al campo

$$v = 1,5 \cdot 10^{-4} E \quad v \text{ en m/s} \quad \text{y} \quad E \text{ en V/m}$$

¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que el movimiento de los iones atmosféricos neutralicen la mitad de la carga superficial terrestre, suponiendo que no existe ningún otro proceso que tienda a restablecerla?

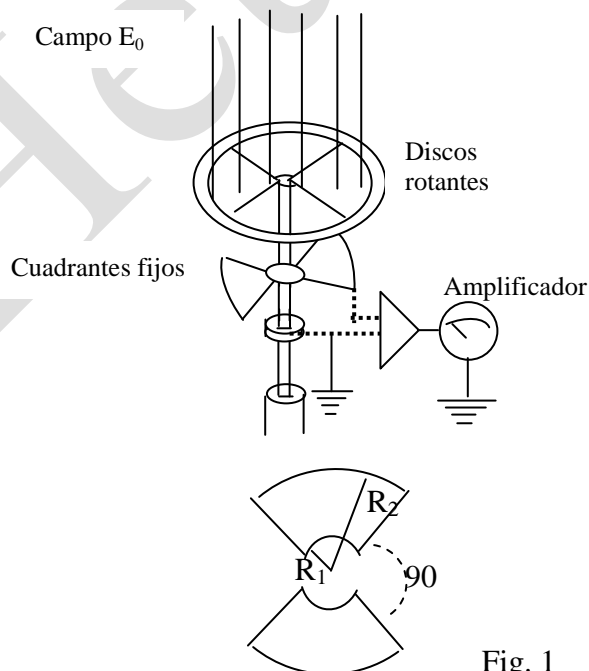


Fig. 1

4) Un procedimiento para medir el campo eléctrico terrestre y a partir de él deducir ΔE_0 , es el dispositivo que se indica en la figura superior.

Un par de cuadrantes metálicos están aislados de la tierra y unidos entre sí. Se disponen justamente debajo de un disco que gira a velocidad constante. El disco lleva unos huecos que pueden coincidir exactamente con los dos cuadrantes en determinadas posiciones. Por dos veces en cada revolución los cuadrantes quedan totalmente expuestos al campo eléctrico y otras dos veces quedan completamente apantallados. El periodo de rotación del disco es T y los radios de los cuadrantes r_1 y r_2 respectivamente.

Considerar que cuando $t=0$ los cuadrantes están completamente apantallados. Obtener la expresión que relaciona la carga $q(t)$ inducida en la parte superior de los cuadrantes como función del tiempo, en el intervalo $t=0$ y $t=T/2$ y mostrar la gráfica. No considerar el efecto del movimiento de los iones atmosféricos.

5) El dispositivo descrito en 4) se conecta a un amplificador cuyo circuito de entrada es equivalente a un condensador C y a una resistencia R dispuestos en paralelo.

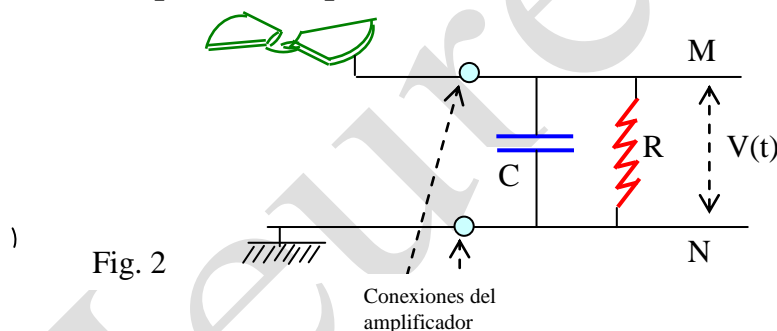


Fig. 2

Se supone que la capacidad de los cuadrantes es despreciable frente a C . Establecer la gráfica $V(t)$ entre M y N en función de t , durante una revolución en los dos casos siguientes:

$$\text{a) } T \ll CR \quad \text{b) } T \gg CR$$

Se supone que C y R tienen valores fijos en los dos casos y T cambia entre a) y b)

Obtener una expresión aproximada para el cociente V_a/V_b de los valores máximos en ambos casos

6) Si $E_0 = 150 \text{ V/m}$, $r_1 = 1 \text{ cm}$; $r_2 = 7 \text{ cm}$, $C = 0,01 \mu\text{F}$, $R = 20 \text{ M}\Omega$ y el disco gira a 50 revoluciones por segundo, cuál es aproximadamente el valor máximo de V durante una revolución

2.-Debido a la refracción un potente haz de luz láser puede ejercer fuerzas apreciables sobre pequeños objetos transparentes. De acuerdo con lo anterior, consideremos un pequeño prisma triangular con un ángulo $A = \pi - 2\alpha$. El prisma tiene, una longitud $2h$ y un anchura w . El índice de refracción del prisma es n y la densidad ρ .

Suponer que este prisma se coloca en el camino de un haz de láser que se desplaza horizontalmente a lo largo del eje X . En este problema se considera que el prisma no rota, lo que significa que su ángulo A apunta en dirección opuesta al haz de láser, y sus caras triangulares se mantienen paralelas al plano xy y su base paralela al plano YZ , tal como indica la figura 1.

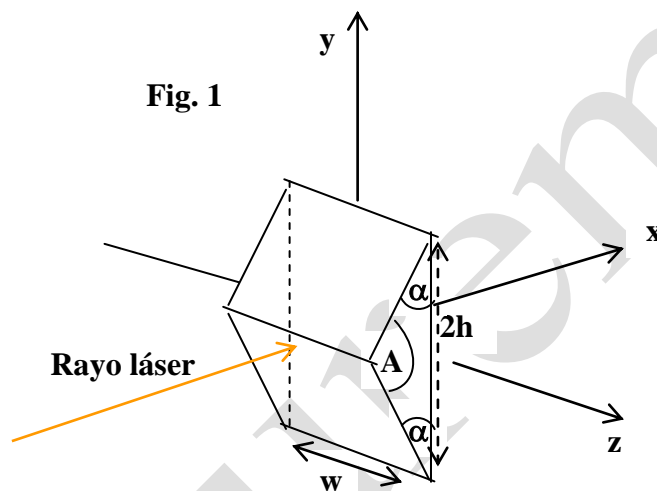


Fig. 2

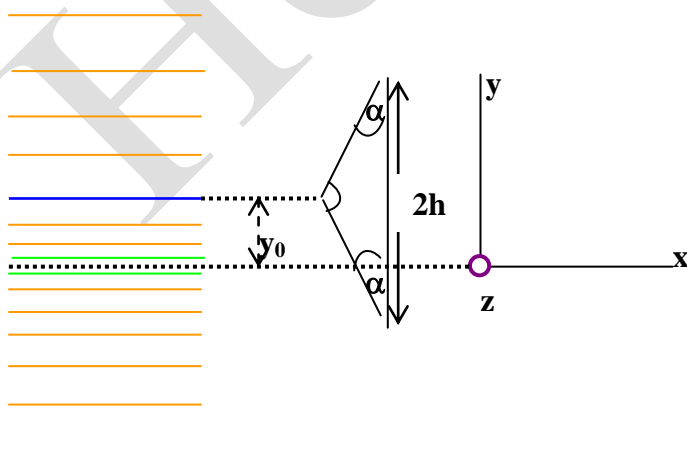
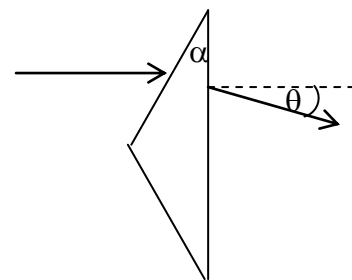


Fig. 3



El índice de refracción del aire que rodea al prisma es 1, y se admite que las caras del prisma están recubiertas con un material antirreflectante, de manera que no existe reflexión.

El haz de láser es de intensidad uniforme en la dirección del eje Z y disminuye linealmente a lo largo del eje Y, de tal modo que la máxima intensidad I_0 se presenta cuando $y = 0$ y se hace cero a una distancia $y = \pm 4h$ (figura 2). La intensidad se expresa en W/m^2 .

1) Escribir la ecuación que relaciona el ángulo θ , figura 3, en función de α y n cuando el haz de láser golpea al prisma en la cara superior.

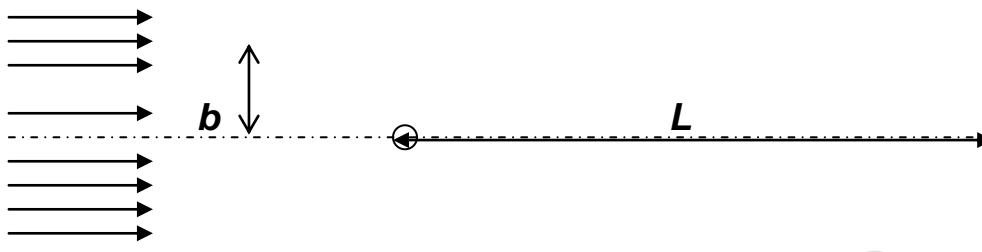
2) Expresar en función de I_0 , θ , h , w e y_0 las componentes X e Y de la fuerza ejercida sobre el prisma por el haz de láser cuando el vértice del mismo está desplazado una distancia y_0 del eje X, siendo $|y_0| \leq 3h$.

Dibujar las gráficas de las componentes X e Y de la fuerza frente al desplazamiento vertical y_0 .

3) Suponer que el haz de láser tiene 1 mm de anchura en la dirección Z y una anchura de $80 \mu m$ en la dirección Y. Para ese prisma $\alpha = 30^\circ$, $h = 10 \mu m$, $n = 1,5$, $w = 1 \text{ mm}$ y $\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$. Determinar la potencia del láser que pueda equilibrar al peso del prisma cuando el vértice del prisma se encuentre a una distancia $y_0 = -h/2 = -5 \mu m$, por debajo del eje del láser (eje X).

4) Suponer que este experimento se ha hecho en ausencia de gravedad con el mismo prisma y el mismo láser que en 3) pero con $I_0 = 10^8 \text{ W/m}^2$. Calcular el periodo de las oscilaciones del prisma cuando éste se desplace una distancia $y = h/20$ de la línea central del haz de láser.

3.-Un voltaje V_0 acelera a electrones dando lugar a un haz uniforme y paralelo. Los electrones pasan sobre un hilo delgado de cobre que está positivamente cargado. Dicho hilo es perpendicular a la dirección del haz (véase la figura)



El hilo cargado es perpendicular al plano del papel

El símbolo b indica la distancia a la cual pasaría un electrón por encima del hilo si este no tuviese carga. Los electrones inciden sobre una pantalla que está a una distancia $L \gg b$ del hilo.

El valor máximo de b es b_{max} siendo positivo por encima del hilo y negativo por debajo de él.

- 1) Calcular el campo eléctrico E producido por el hilo, expresándolo en función de la distancia al eje del hilo
- 2) Determine la deflexión angular del electrón para aquellos electrones que no choquen con el hilo. Sea φ_{final} el pequeño ángulo entre la velocidad inicial del electrón y la velocidad de éste cuando alcance la pantalla
- 3) Calcule y haga un esquema de los impactos (esto es, la distribución) en la pantalla según la física clásica
- 4) Haga lo mismo pero desde el punto de vista de la física cuántica.

Datos: $\epsilon_0 = 8,5 \cdot 10^{-12} \text{ N}^1 \text{ C}^2 \text{ m}^{-2}$;

radio del hilo $r_0 = 10^{-6} \text{ m}$;

máximo valor de $b = b_{max} = 10^{-4} \text{ m}$;

Carga del hilo por unidad de longitud $\lambda = 4,4 \cdot 10^{-11} \text{ Cm}^{-1}$,

$V_0 = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$; $L = 0,3 \text{ m}$;

carga y masa del electrón $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Heureka