

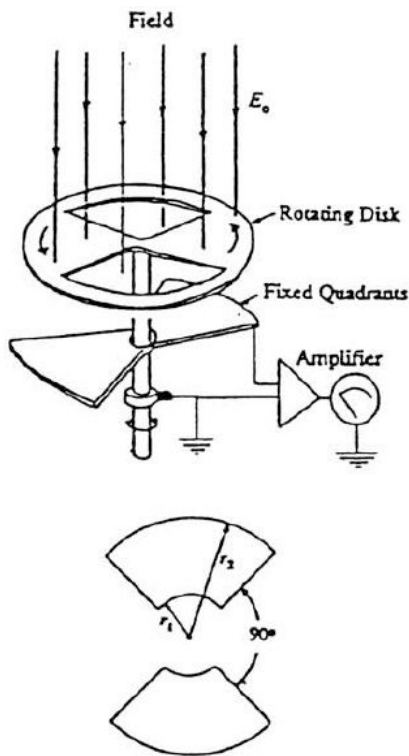
24 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
WILLIAMSBURG, USA, 1993

Problema 1 (Electricidad atmosférica). Desde el punto de vista de la electrostática, la superficie de la Tierra puede ser considerado a ser un buen conductor. Transporta una cierta carga total Q_0 y un promedio de la densidad de carga de la superficie σ_0 .

- 1) Bajo condiciones de tiempo-bueno, existe un campo de electricidad descendente E_0 , en la superficie de la Tierra igual a alrededor de 150 V/m. Deducir la densidad de carga de la superficie de la Tierra y la carga total transportada en la superficie de la Tierra.
- 2) La magnitud del campo eléctrico descendente disminuye con la altura, y es alrededor de 100 V/m en una altura de 100 m. Calcular la cantidad promedio de la carga neta por m^3 de la atmósfera entre la superficie de la Tierra y 100 m de altitud.
- 3) La densidad de carga neta la tienes calculado en (2) es actualmente el resultado teniendo casi igual número de iones positivos y negativos cargados-(por separado) por unidad de volumen (n_+ y n_-). Cerca de la superficie de la Tierra bajo condiciones de tiempo-bueno, $n_+ \approx n_- \approx 6 \times 10^8 \text{ m}^{-3}$. Estos iones se mueven bajo la acción del campo eléctrico vertical. Su velocidad es proporcional a la fuerza del campo:

$$v \approx 1.5 \times 10^{-4} \cdot E$$

donde v está en m/s y E en V/m. ¿Cuánto tiempo toma para que el movimiento de los iones atmosféricos neutralisen la mitad de la carga de la superficie de la Tierra, si no hay otros procesos (por ejemplo, un rayo) producido para mantenerlo?



- 4) Una forma de medir el campo eléctrico atmosférico, y por tanto σ_0 , es con el sistema mostrado en el diagrama. Un par de cuadrantes metálicos, aislados del suelo pero conectados entre sí, son montados debajo de un disco giratorio de superficie uniforme con dos huecos de forma-cuadrante en el. (En el diagrama, el espaciado se ha exagerado con el fin de mostrar la disposición). Dos veces en cada

revolución los cuadrantes aislados son completamente expuestos al campo y entonces (1/4 de período después) está completamente protegido. Sea T el período de revolución y los radios interior y exterior de los cuadrantes aislados r_1 y r_2 como se muestra en la figura.

Tomar $t = 0$ a ser un instante cuando los cuadrantes aislados están completamente protegidos.

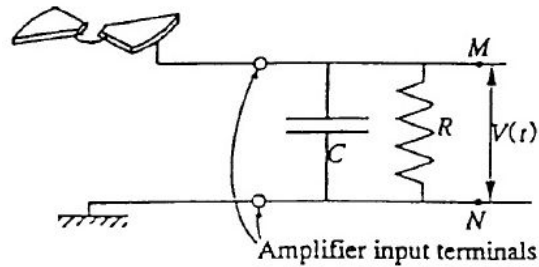
Obtener expresiones que den la carga total $q(t)$ inducida en la superficie superior de los cuadrantes aislados como función de tiempo entre $t = 0$ y $t = T/2$ y bosquejar una gráfica de esta variación.

[Los efectos de la corriente de iones atmosféricos pueden ser ignorados en esta situación.]

- (5) El sistema descrito en (4) es conectado para un amplificador cuyo circuito de entrada a un condensador C y una resistencia R en paralelo. (Puede sumir que el condensador del sistema del cuadrante es insignificante comparado a C .) Bosquejar gráficas de la forma de la diferencia del voltaje V entre los puntos M y N como una función de t durante una revolución del disco, justamente después que ha sido establecido en rotación con un período de revolución T , si:

$$T = T_a \ll CR$$

$$T = T_b \gg CR$$



[Asumir que C y R tienen valores fijos; solo T cambia entre situaciones (a) y (b).] Obtener una expresión para la razón aproximada V_a/V_b de los valores grandes de $V(t)$ en los casos (a) y (b).

- 6) Asumir que $E_0 = 150$ V/m, $r_1 = 1$ cm, $r_2 = 7$ cm, $C = 0.01$ μ F, $R = 20$ M Ω y suponer que el disco está establecido en rotación a 50 revoluciones por segundo.

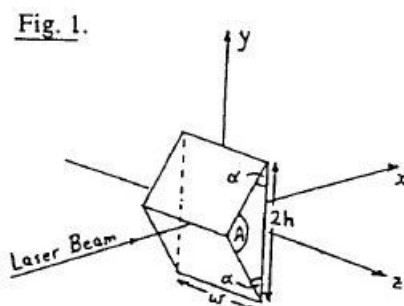
Aproximadamente, ¿qué es el valor más grande de V durante una revolución en este caso?

Tabla general de información

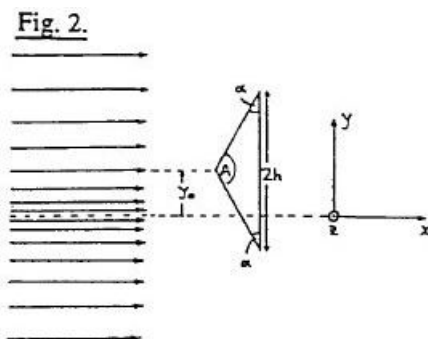
Cantidad	Símbolo	Valor
Radio medio de la Tierra	R_E	$6.4 \times 10^6 \text{ m}$
Aceleración debido a la gravedad	g	9.8 m s^{-2}
Constante gravitacional de Newton	G	$6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Permitividad del vacío	ϵ_0	$8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
Permeabilidad del vacío	μ_0	$8.85 \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$
Velocidad de la luz en el vacío(o aire)	c	$3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-2}$
Carga Elemental	e	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa del electrón	m_e	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa del protón	m_p	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Constante de Planck	h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Avogadro	N_A	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Boltzmann	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Constante del gas molar	R	$8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Problema 2 (Fuerza Láser Sobre un Prisma Transparente). Por medio de refracción un rayo láser fuerte puede emplear fuerza considerable sobre objetos transparentes pequeños. Considerar un prisma triangular de cristal pequeño con un ángulo de vértice $A = \pi - 2\alpha$, una base de longitud $2h$ y anchura w . El prisma tiene un índice de refracción n y una densidad de masa ρ .

Suponer que este prisma se encuentra en un rayo láser viajando horizontalmente en la dirección x . (En todo este problema asumir que el prisma no rota, es decir sus sus vértices siempre están opuestos a la dirección del rayo láser, sus caras triangulares son paralelas al plano xy y su base es paralelo al plano yz , como se muestra en la figura 1.) Tomar el índice de refracción del aire circundante $n_{air} = 1$. Asumir que las caras del prisma son cubiertos con un recubrimiento anti-reflectante para que no se produzca reflexión.

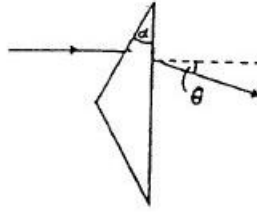


El rayo láser tiene una intensidad que es uniforme a través de su anchura en la dirección z pero cae linealmente con distancia y del eje x tal que tiene un valor máximo de I_0 en $y = 0$ y disminuye a cero en $y = \pm 4h$ (Fig. 2). [La intensidad es potencia por unidad de área, por ejemplo, expresado en Wm^{-2}]



- 1) Escribir ecuaciones de los cuales el ángulo θ (ver figura 3) puede ser determinado (en términos de α y n) en el caso cuando la luz láser pasa la cara superior del prisma.

Fig. 3.

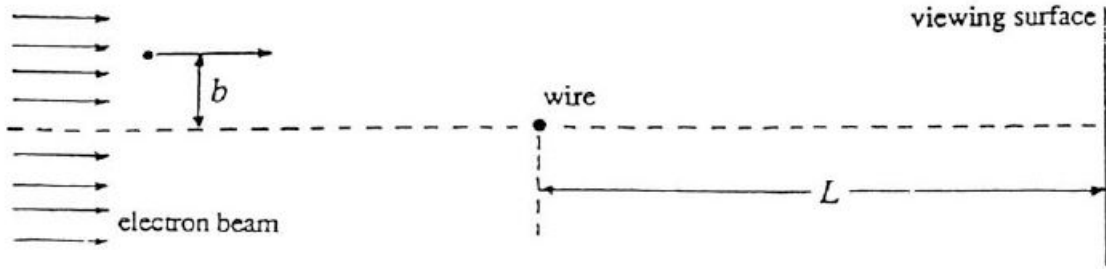


- 2) Expresar, en términos de I_0 , θ , h , w y y_0 , los componentes x y y de la fuerza neta empleada sobre el prisma por la luz láser cuando el vértice del prisma es desplazado una distancia $y = 0$ de el eje x donde $|y_0| \leq 3h$.

Trazar gráficas de los valores de los componentes de fuerza horizontal y vertical como función del desplazamiento vertical y_0 .

- 3) Suponer que el rayo láser es 1 mm extenso en la dirección z y $80 \mu\text{m}$ de grueso (en la dirección y). el prisma tiene $\alpha = 30^\circ$, $h = 10 \mu\text{m}$, $n = 1.5$, $w = 1 \text{ mm}$ y $\rho = 2.5 \text{ gcm}^{-3}$. ¿Cuántos watts de energía láser se requiere para balancear este prisma en contra de la atracción de la gravedad (en la dirección $-y$) cuando el vértice del prisma está a una distancia $y_0 = -h/2 (= -5 \mu\text{m})$ por debajo del eje del rayo láser?
- 4) Suponer que este experimento está hecho en la ausencia de gravedad con el mismo prisma y rayo láser con las mismas dimensiones como en (3), pero con $I_0 = 10^8 \text{ Wm}^{-2}$. ¿Qué sería el período de oscilaciones que se producen cuando el prisma se desliza y libera una distancia $y = h/20$ desde la línea central del rayo láser?

Problema 3 (Rayo de Electrones). Un voltaje de aceleración V_0 produce un rayo uniforme y paralelo de electrones energéticos. Los electrones pasan un delgado, largo y positivamente cargado cable de cobre elástico en ángulos derechos a la dirección original del rayo, como se muestra en la figura. El símbolo b denota la distancia en el cual un electrón pasaría el cable, si el cable no tuviera carga. Los electrones entonces avanzan a una pantalla (superficie de vista) una distancia $L (>> b)$ más allá del cable, como se muestra. Inicialmente el rayo se extiende a distancias $\pm b_{\text{max}}$ con respecto al eje del cable. Tanto el ancho del rayo y la longitud del cable pueden ser considerados infinitos en la dirección perpendicular al papel.



El cable cargado se extiende perpendicularmente al plano del papel. El bosquejo no está a escala.

Algunos datos numéricos son proporcionados aquí; encontrará otros datos numéricos en la tabla del problema teórico 1.

Radio del cable $= r_0 = 10^{-6} \text{ m}$

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

Carga eléctrica por unidad de longitud del cable $= q_{\text{linear}} = 4.4 \times 10^{-11} \text{ Cm}^{-1}$

Voltaje de aceleración $= V_0 = 2 \times 10^4 \text{ V}$

Longitud del cable a la pantalla de observación $= L = 0.3 \text{ m}$

Nota: Para las partes 2-4 hacer aproximaciones razonables xxx para soluciones analíticas y numéricas.

- 1) Calcular el campo eléctrico E producido por el cable. Bosqueja la magnitud de E como una función de la distancia del eje del cable.

- 2) Usar física clásica para calcular la deflexión angular de un electrón. Hacer esto para los valores del parámetro b tal que el electrón no pasa el cable. θ_{final} denota el (pequeño)ángulo entre la velocidad inicial del electrón y la velocidad cuando el electrón alcanza la superficie de vista. Por tanto, calcular θ_{final} .
- 3) Calcular y bosquejar los modelos de impactos(es decir, la distribución de intensidad) en la pantalla de visualización que predice la física clásica.
- 4) La física cuántica predice una gran diferencia en la distribución de la intensidad (en relación con lo que la física clásica predice). Dibuje el modelo para la predicción cuántica y proporcionar detalles cuantitativos.