

**31 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
LEICESTER, UNITED KINGDOM, 2000**

Problema 1. PARTE A

Un 'saltador' está atado a un extremo de una cuerda elástica larga. El otro extremo de la cuerda elástica está fijado a un puente elevado. El 'saltador' baja el puente y cae, a partir del reposo, hacia el río. No golpea el agua. La masa del 'saltador' es m , la longitud sin estirar de la cuerda es L , la cuerda tiene una fuerza constante (fuerza que produce 1 m de extensión) de k y la intensidad del campo gravitacional es g .

Se puede asumir que

1. El 'saltador' puede ser considerado como un punto de masa m unida al extremo de la cuerda,
2. La masa de la cuerda es despreciable en comparación con m ,
3. La cuerda obedece a la ley de Hooke,
4. La resistencia del aire puede ser ignorada a lo largo de la caída del 'saltador'.

Obtener expresiones para lo siguiente:

- a) La distancia y de caída del 'saltador' antes de llegar instantáneamente a detenerse por primera vez,
- b) La velocidad máxima u alcanzada por el 'saltador' durante esta caída,
- c) El tiempo t tomado durante la caída antes de detenerse por primera vez.

PARTE B

Una máquina térmica opera entre dos cuerpos idénticos a diferentes temperaturas T_A y T_B ($T_A > T_B$), con cada cuerpo teniendo masa m y constante específica de capacidad térmica s . Los cuerpos permanecen a presión constante y no se somete a cambio de fase.

1. Mostrando trabajo completo, obtenemos una expresión para la temperatura final T_0 logrado por los dos cuerpos A y B si los extractos de la máquina térmica del sistema, la cantidad máxima de trabajo mecánico son teóricamente posibles.

Escribe tu expresión para la temperatura final T_0 .

2. Por lo tanto, obtener y escribir una expresión para esta cantidad máxima de trabajo disponible.

El motor térmico funciona entre dos tanques de agua, cada uno de volumen 2.50 m^3 . Un tanque está en 350 K y el otro está en 300 K

3. Calcular la máxima cantidad de energía mecánica obtenido.

La capacidad de calor específico del agua = $4.19 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Densidad del agua = $1.00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

PARTE C

Se supone que cuando se formó la Tierra de los isótopos ^{238}U y ^{235}U estuvieron presentes, pero no sus productos de desintegración. Las desintegraciones de ^{238}U y ^{235}U se utilizan para establecer la edad de la tierra, T .

- a. El isótopo ^{238}U se desintegra con una vida media de 4.50×10^9 años. Los productos de desintegración de la serie radioactiva resultante tienen una vida media corta en comparación con esto, en una primera aproximación de su existencia puede ser ignorada. La serie de desintegración termina en el isótopo estable de plomo ^{206}Pb .

Obtener una expresión para el número de átomos ^{206}Pb , que se denota ^{206}n , producido por la desintegración radiactiva con el tiempo t , en términos del número de átomos presentes ^{238}U , denotado ^{238}N , y el tiempo de vida media de ^{238}U . (Puede ser útil para trabajar en unidades de 10^9 años.)

- b. De manera similar, ^{235}U se desintegra con una vida media de 0.710×10^9 años a través de una serie de cortos productos de vida media para dar el isótopo estable ^{207}Pb .

Escribir una ecuación relacionando ^{207}n con ^{235}N y el tiempo de vida de ^{235}U .

- c. Un mineral de uranio, mezclado con un mineral de plomo, se analiza con un espectrómetro de masas. Las concentraciones relativas de los tres isótopos de plomo ^{204}Pb , ^{206}Pb y ^{207}Pb se miden y el número de átomos que se encontró en los ratios 1.00: 29.6: 22.6 respectivamente. El isótopo ^{204}Pb se utiliza como referencia, ya que no es de origen radiactivo. El análisis de un mineral de plomo puro da ratios de 1.00: 17.9: 15.5.

Teniendo en cuenta que la relación $^{238}\text{N}:^{235}\text{N}$ es 137: 1, calcular una ecuación que involucre a T .

- d. Asumir que T es mucho mayor que las vidas medias de ambos isótopos de uranio y, por tanto obtener un valor aproximado de T .
- e. Este valor aproximado es claramente no significativamente mayor que la vida media más larga, pero se puede utilizar para obtener un valor mucho más exacto para T .

Por lo tanto, o de lo contrario, estimar un valor para la edad de la tierra correcta dentro del 2 %.

PARTE D

La carga Q es distribuida uniformemente *en el vacío* a lo largo de un volumen esférico de radio R .

- a. Calcular expresiones para la intensidad del campo eléctrico a una distancia r desde el centro de la esfera para r libras R y $r > R$.
- b. Obtener una expresión para la energía eléctrica total asociada con esta distribución de carga.

PARTE E

Un anillo circular de alambre de cobre fino se establece girando alrededor de un diámetro vertical en un punto dentro del campo magnético terrestre. La densidad de flujo magnético del campo magnético de la tierra en este punto es 44.5 mT dirigida a un ángulo de 64° por debajo de la horizontal. Dado que la densidad del cobre es $8.90 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ y su resistencia es $1.70 \times 10^{-8} \text{ W m}$, calcular cuánto tiempo tomará para que la velocidad angular del anillo se reduzca a la mitad. Mostrar los pasos de su trabajo y de insertar el valor de tiempo en la hoja de respuestas. Este tiempo es mucho más largo que el tiempo para una revolución.

Usted puede asumir que los efectos de la fricción de los soportes y el aire son despreciables, y para los fines de esta pregunta debe ignorar los efectos de auto-inductancia, aunque no sería insignificante.

Problema 2. a. Un tubo de rayos catódicos (CRT), que consta de un cañón de electrones y una pantalla, se coloca dentro de un campo magnético constante uniforme B tal que la magnitud del campo magnético es paralelo al eje del rayo del cañón, como se muestra en la figura 2.1.

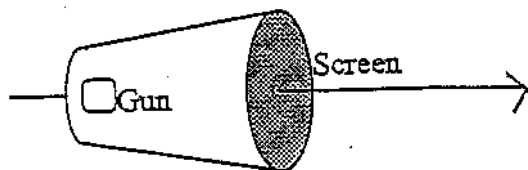


Figura 2.1

El rayo de electrones sale del ánodo del cañón de electrones en el eje, pero con una divergencia de hasta 5° desde el eje, como se ilustra en la figura 2.2. En general un punto difusa se produce en la pantalla, pero para ciertos valores del campo magnético un punto muy específico se obtiene.

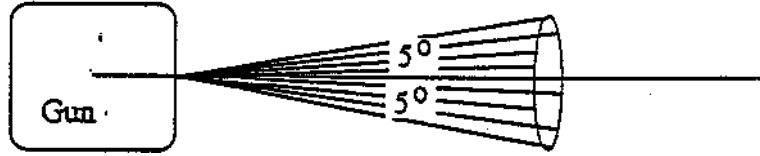


Figura 2.2

Al considerar el movimiento de un electrón que se mueve inicialmente a un ángulo b (donde $0 \leq b \leq 5^\circ$) con el eje, ya que deja el cañón de electrones, y teniendo en cuenta los componentes de su movimiento, paralela y perpendicular al eje, calcular una expresión para la razón de carga masa e/m para el electrón, en términos de las siguientes cantidades:

1. el más pequeño campo magnético para el cual se obtiene un punto enfocado,
 2. la diferencia potencial de aceleración a través del cañón de electrones V (notar que $V < 2$ kV),
 3. D , la distancia entre el ánodo y la pantalla.
- b. Considere la posibilidad de otro método de evaluación de la razón carga, masa del electrón. La disposición se muestra en una vista lateral y en vista planta (desde arriba) en la figura 2.3, con la dirección del campo magnético marcado B. Dentro de este campo magnético uniforme B se colocan dos placas de latón circular de radio r que están separadas por una muy pequeña distancia t . Una diferencia potencial V se mantiene entre ellos. Las placas son paralelas entre sí y co-axiales, sin embargo, su eje es perpendicular al campo magnético. Una película fotográfica, cubre el interior de la superficie curva de un cilindro de radio $r + s$, que es co-axial con las placas. En otras palabras, la película está en una distancia radial s desde los bordes de las placas. La disposición entera se coloca *en vacío*. Nótese que t es mucho más pequeño que ambos s y r .

Una fuente puntual de b partículas, que emite las b partículas uniformemente en todas direcciones con una rango de velocidades, se coloca entre los centros de las placas, y la misma pieza de película se expone en tres condiciones diferentes:

1. En primer lugar con $B = 0$, y $V = 0$,
2. En segundo lugar con $B = B_0$, y $V = V_0$, y
3. En tercer lugar con $B = -B_0$, y $V = -V_0$;

donde V_0 y B_0 son constantes positivas. Tenga en cuenta que la placa superior está cargado positivamente cuando $V > 0$ (negativo cuando $V < 0$), y que el campo magnético está en la dirección definida por la figura 2.5 cuando $B > 0$ (en la dirección opuesta cuando $B < 0$). Para esta parte puede suponer que la diferencia es despreciable.

Dos regiones de la película están etiquetados A y B en la figura 2.3. Después de la exposición y el desarrollo, un bosquejo de una de estas regiones se da en la figura 2.4. ¿De qué región fue tomada esta pieza (escribir A o B)? Justifica tu respuesta, mostrando las direcciones de las fuerzas que actúan sobre el electrón.

- c. Después de la exposición y el desarrollo, un bosquejo de la película se da en la figura 2.4. Las mediciones se realizan de la separación de las dos trazas ultraperiféricas con un microscopio, y esta distancia (y) también está indicado para un ángulo particular en la figura 2.4. Los resultados se dan en la tabla siguiente, el ángulo ϕ se define en la figura 2.3 como el ángulo entre el campo magnético y una línea que une el centro de las placas hasta el punto en la película.

ángulo para el campo/grados	ϕ	90	60	50	40	30	23
separación/mm	y	17.4	12.4	9.7	6.4	3.3	final del trazo

Los valores numéricos de los parámetros del sistema son los siguientes:

$$B_0 = 6.91 \text{ mT}, V_0 = 580 \text{ V}, t = 0.80 \text{ mm}, s = 41.0 \text{ mm}$$

Además, usted puede tomar la velocidad de la luz en el vacío es $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, y la masa en reposo del electrón es $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

Determinar la máxima energía cinética de la partícula b observada.

Escribir la energía cinética máxima como un resultado numérico en eV.

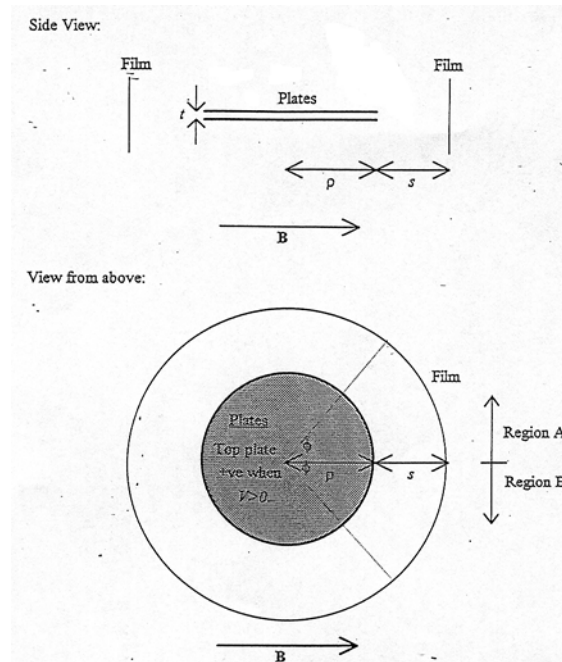
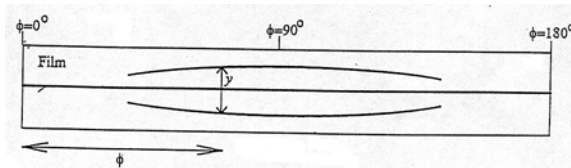
- d. Usando la información dada en la parte (c), obtener un valor para la razón carga, masa de reposo del electrón. Esto debe hacerse por el trazado de una gráfica apropiada en el papel de siempre.

Indique algebraicamente las cantidades que se trazan en los ejes horizontal y vertical, en la propia gráfica.

Escriba su valor para la razón carga, masa del electrón.

Tenga en cuenta que la respuesta que obtenga puede no estar de acuerdo con el valor aceptado debido a un error sistemático en las observaciones.

FIGURAS ADICIONALES

Figura 2.3**Figura 2.4****Problema 3. PARTE A**

Esta parte tiene que ver con las dificultades de la detección de ondas gravitacionales generadas por eventos astronómicos. Debe tenerse en cuenta que la explosión de una supernova distante puede producir fluctuaciones en la intensidad del campo gravitacional en la superficie de la Tierra de unos $10^{-19} \text{ N kg}^{-1}$. Un modelo para un detector de ondas gravitacionales (ver figura 3.1) consta de dos varillas de metal de 1 m cada una, que forman ángulos rectos entre sí. Un extremo de cada varilla se pule ópticamente plana y el otro extremo se mantiene rígidamente. La posición de una varilla se ajusta de modo que hay una mínimo señal recibida de la fotocélula (véase la figura 3.1).

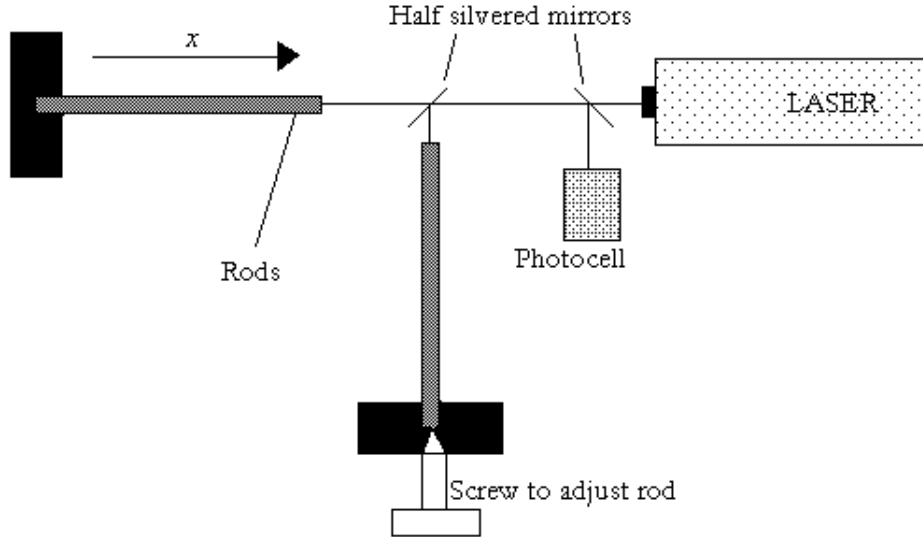


Figure 3.1

Figura 3.1

Las varillas se les da un corto impulso longitudinal afilado por un dispositivo piezoeléctrico. Como resultado, los extremos libres de las varillas oscilan con un desplazamiento longitudinal Δx_t , donde

$$\Delta x_t = ae^{-\mu t} \cos(\omega t + \phi)$$

y a , μ , ω y ϕ son constantes.

- Si la amplitud del movimiento se reduce en un 20 % durante un intervalo de 50 s, determinar un valor para m .
- Dado que la velocidad de la onda longitudinal, $V = \sqrt{E/\rho}$, determinar también el valor más bajo para ω , teniendo en cuenta que las varillas están hechas de aluminio, con una densidad (ρ) de 2700 kg.m^{-3} y un módulo de Young (E) de $7.1 \times 10^{10} \text{ Pa}$.
- Es imposible hacer las barras de exactamente la misma longitud así que la señal de la fotocélula tiene una frecuencia de batido de 0.005 Hz. Cuál es la diferencia en la longitud de las varillas?
- Para la varilla de longitud l , calcular una expresión algebraica para el cambio de longitud, Δl , debido a un cambio, Δg , en la intensidad del campo gravitacional g , en términos de l y otras constantes del material de la varilla. La respuesta del detector a este cambio tiene lugar en la dirección de una de las varillas.
- La luz producida por el láser es monocromática con una longitud de onda de 656nm. Si el cambio de franja mínimo que puede ser detectado es 10^{-4} de la longitud de onda del láser, lo que es el valor mínimo de l necesario si tal sistema fuera a ser capaz de detectar variaciones en g de $10^{-19} \text{ N kg}^{-1}$?

PARTE B

Esta parte se refiere a los efectos de un campo gravitatorio sobre la propagación de la luz en el espacio.

- (a) Un fotón emitido desde la superficie del Sol (masa M , radio R) es rojo-desplazado. Al asumir un equivalente de masa en reposo de la energía del fotón, aplicar la teoría gravitacional de Newton para demostrar que la eficacia (o medida) la frecuencia de los fotones en el infinito se reduce (rojo-desplazado) por el factor $(1 - GM/Rc^2)$.
- (b) Una reducción de la frecuencia del fotón es equivalente a un incremento en el período de tiempo, o, utilizando el fotón como un reloj estándar, una dilatación de tiempo. Además, puede demostrar que una dilatación del tiempo está siempre acompañada por una contracción en la unidad de longitud por el mismo factor.

Ahora vamos a tratar de estudiar el efecto que esto tiene sobre la propagación de la luz cerca del sol. Vamos a definir en primer lugar un índice de refracción eficaz n_r en un punto r desde el centro del sol.

$$n_r = \frac{c}{c'_r}$$

donde c es la velocidad de la luz medida por un sistema de coordenadas muy lejos de la influencia gravitatoria del Sol ($r \rightarrow \infty$), y c'_r es la velocidad de la luz medida por un sistema de coordenadas a una distancia r de la el centro del sol.

Demuestre que n_r se puede aproximar a:

$$n_r = 1 + \frac{aGM}{rc^2}$$

para GM/rc^2 pequeño, donde a es una constante que usted determine.

- (c) Utilizando esta expresión para n_r , calcular en radianes la desviación de un rayo de luz de su camino recto a medida que pasa el borde del sol.

Datos:

1. Constante gravitacional, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
2. Masa del Sol, $M = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$.
3. Radio del Sol, $R = 6.95 \times 10^8 \text{ m}$.
4. Velocidad de la luz, $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
5. Puede necesitar también la siguiente integral

$$\int \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{2}{a^2}$$