

19 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
BAD ISCHL, AUSTRIA, 1988

Problema 1 (Espectroscopia de velocidades de las partículas). **Datos Básicos**

La absorción y emisión de un fotón es un proceso reversible. Un buen ejemplo se encuentra en la excitación de un átomo desde el estado fundamental a un estado de energía más alto y el retorno de los átomos posterior al estado fundamental. En tal caso se puede detectar la absorción de un fotón del fenómeno de emisión espontánea o fluorescencia. Alguna de la instrumentación más moderna hace uso de este principio para identificar los átomos, y también para medir o calcular el valor de la velocidad en el espectro de velocidad del haz de electrones.

En un experimento idealizado (ver fig. 19.1) un ion simple-cargado viaja en la dirección opuesta a la luz desde una fuente de láser con una velocidad v . La longitud de onda de la luz desde la fuente de láser es ajustable. Un ion con velocidad cero puede ser excitado a un estado de energía más alta por la aplicación de luz láser que tiene una longitud de onda de $\lambda = 600$ nm. Si se excita un ion en movimiento, nuestro conocimiento sobre el efecto Doppler nos dice que tenemos que aplicar la luz láser de una longitud de onda que no sea el valor dado anteriormente.

Se da un espectro de velocidad abrazando la magnitud de velocidad de $v_1 = 0 \frac{m}{s}$ a $v_2 = 6.000 \frac{m}{s}$ (Ver fig. 19.1)

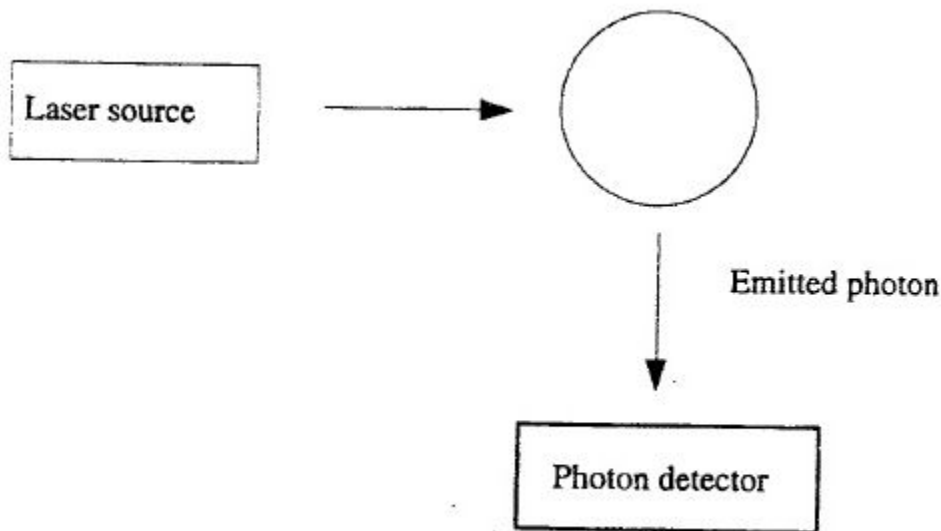


Fig. 19.1

Preguntas

1.

1.1. ¿Qué rango de longitud de onda del rayo láser debe ser utilizado para excitar los iones de todas las velocidades en el espectro de velocidad dada anteriormente?

1.2. Un análisis riguroso del problema requiere de la aplicación del principio de la teoría de la relatividad especial

$$v' = v \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

Determinar el error cuando la fórmula clásica para el efecto Doppler se utiliza para resolver el problema.

2.

Suponiendo que los iones son acelerados por un potencial U antes excitado por el haz de láser, determinar la relación entre la anchura del espectro de velocidad del haz de iones y el potencial de aceleración. ¿El voltaje de aceleración aumenta o disminuye el ancho espectro de velocidad?

3.

Cada ion tiene el valor $\frac{e}{m} = 4 \cdot 10^6 \frac{As}{kg}$, dos niveles de energía correspondientes a la longitud de onda $\lambda^1 = 600 \text{ nm}$ y longitud de onda $\lambda^2 = \lambda^1 + 10^{-3} \text{ nm}$. Mostrar que las luces de las dos longitudes de onda utilizadas para excitar los iones se solapan cuando no se aplica potencial de aceleración. ¿Puede el voltaje de aceleración utilizado para separar los dos espectros de luz láser utilizada para excitar los iones de modo que ya no se superponen? Si la respuesta es positiva, se calcula el valor mínimo de la voltaje necesaria.

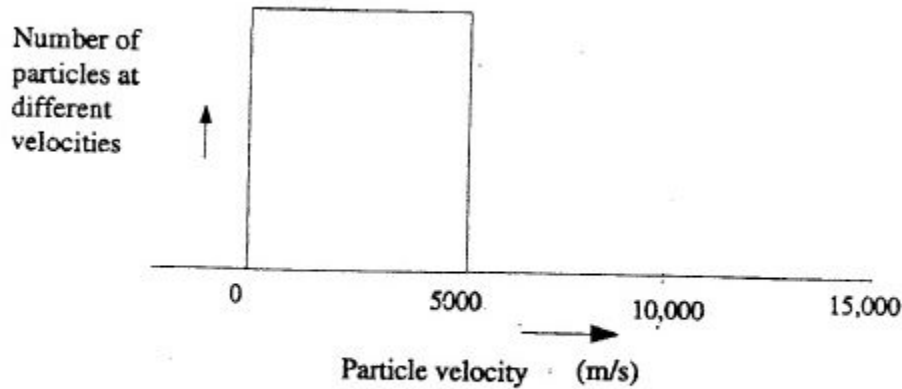


Fig. 19.2

Problema 2 (La Rueda de Maxwell). Introducción

Una rueda cilíndrica de densidad uniforme, teniendo la masa $M = 0.40 \text{ kg}$, el radio $R = 0.060 \text{ m}$, y el espesor $d = 0.010 \text{ m}$ se suspende por medio de dos cadenas ligeras de la misma longitud del techo. Cada cadena se enrolla alrededor del eje de la rueda. Al igual que las cuerdas, la masa del eje es despreciable. Cuando la rueda gira de forma manual, las cadenas están enrolladas hasta que el centro de masa es elevado a 1.0 m por encima del suelo. Si la rueda se le permite moverse hacia abajo verticalmente bajo la fuerza de tracción de la gravedad, las cadenas se desenrollan a toda la longitud de las cadenas y la rueda llega al punto más bajo. Las cadenas luego comienzan a herirse en el sentido opuesto que resulta en la rueda que se elevó hacia arriba.

Analizar y contestar las siguientes preguntas, suponiendo que las cadenas están en posición vertical y los puntos donde las cadenas tocan el eje están directamente por debajo de sus respectivos puntos de suspensión (ver fig. 19.5).

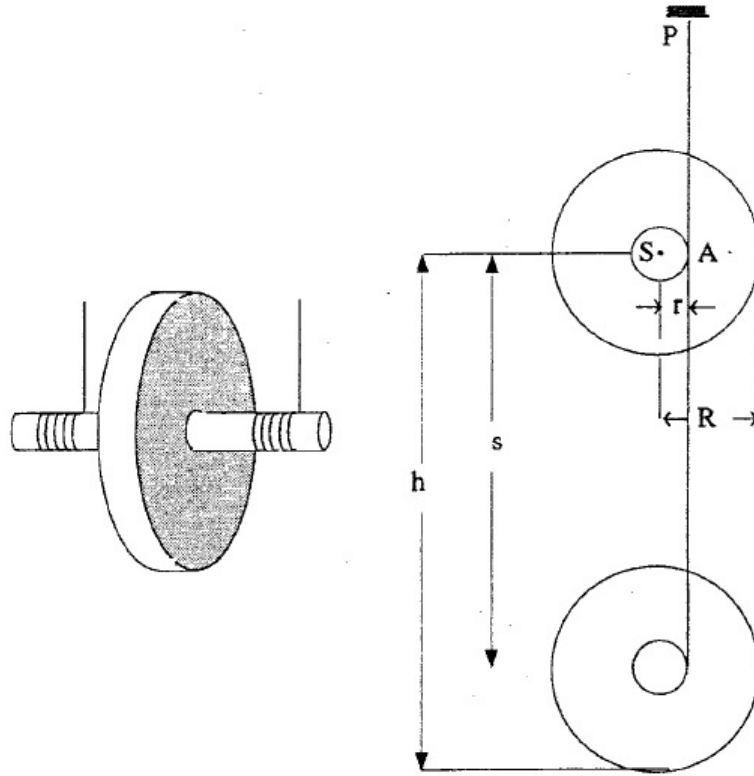


Fig. 19.5

Preguntas

4.

Determinar la velocidad angular de la rueda cuando el centro de la masa de la rueda cubre la distancia vertical s .

5.

Determinar la energía cinética del movimiento lineal del centro de masa E_r después de que la rueda se desplaza una distancia $s = 0.50$ m, y calcular la relación entre E_r y la energía en cualquier otra forma en este problema hasta este punto.

Radio del eje = 0.0030 m

6.

Determinar la tensión en la cadena mientras la rueda se mueve hacia abajo.

7.

Calcular la velocidad angular ω' como una función del ángulo Φ cuando las cadenas comienzan a desenrollarse en sentido opuesto como se representa en la fig. 19.6.

Trace una gráfica de las variables que describen el movimiento (en el sistema cartesiano que se adapte al problema) y también la velocidad del centro de masa como una función de Φ .

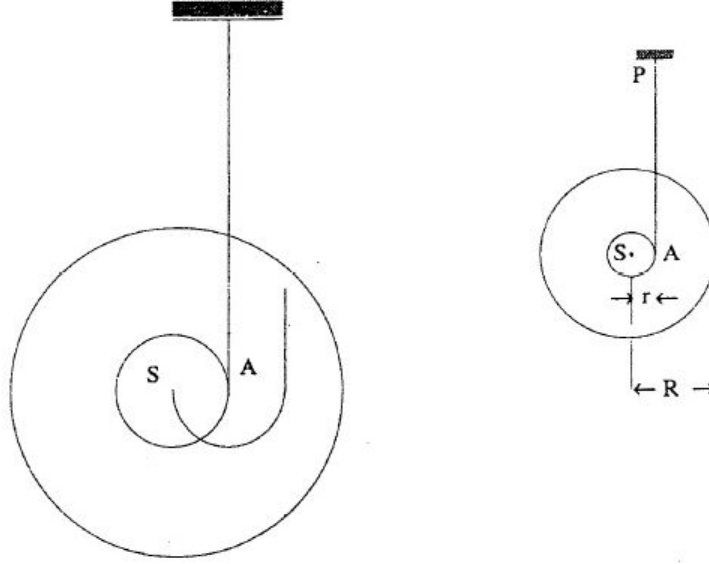


Fig. 19.6

8.

Si la cadena puede soportar una tensión máxima $T_m = 10$ N, hallar la longitud máxima de la cadena que puede ser desenrollada sin ser rota por la rueda.

Problema 3 (La Recombinación de Iones Positivos y Negativos en Gas Ionizado). **Introducción**

Un gas consta de iones positivos de algún elemento (a alta temperatura) y electrones. El ion positivo pertenece a un átomo de número de masa desconocido Z . Se sabe que este ion tiene sólo un electrón en la capa (órbita).

Este ion ser representado por el símbolo $A^{(Z-1)+}$

Constantes:

$$\text{Constante del campo eléctrico } \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$\text{Carga elemental } e = \pm 1.602 \times 10^{-19} As \quad q^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = 2.037 \times 10^{-28} J \cdot m$$

$$\text{Constante de Planck } \hbar = 1.054 \times 10^{-34} J \cdot s$$

$$\text{Masa en reposo de un electrón } m_e = 9.108 \times 10^{-31} kg$$

$$\text{Radio atómico Bohr } r_B = \frac{\hbar^2}{mq^2} = 5.92 \times 10^{-11} m$$

$$\text{Energía de Rydberg } E_R = \frac{q^2}{2r_B} = 2.180 \times 10^{-18} J$$

$$\text{Masa en reposo de un protón } m_P c^2 = 1.503 \times 10^{10} J$$

Preguntas:

9.

Supongamos que el ion que tiene sólo un electrón a la izquierda de la capa. $A^{(Z-1)+}$ está en el estado fundamental. En el estado de menor energía, el cuadrado de la distancia promedio del electrón del núcleo o r^2 con los componentes a lo largo de los ejes x -, y - y z - siendo $(\Delta x)^2$, $(\Delta y)^2$ y $(\Delta z)^2$, respectivamente, y $r_0^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2$, así como el cuadrado del momento promedio por $p_0^2 = (\Delta p_x)^2 + (\Delta p_y)^2 + (\Delta p_z)^2$,

mientras que $\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2\Delta x}$, $\Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2\Delta y}$ y $\Delta p_z \geq \frac{\hbar}{2\Delta z}$.

Escribe la desigualdad que implica $(p_0)^2(r_0)^2$ en forma completa.

10.

El ion representado por $A^{(Z-1)+}$ puede capturar un electrón adicional y, en consecuencia emite un fotón. Escribir una ecuación que se va a utilizar para el cálculo de la frecuencia de un fotón emitido.

11.

Calcular la energía del ion $A^{(Z-1)+}$ utilizando el valor de la energía más baja. El cálculo debe ser aproximado basado en los principios siguientes:

A

La energía potencial del ion debe ser expresado en términos del valor promedio de $\frac{1}{r}$. (Es decir, $\frac{1}{r_0}$; r_0 dado en el problema).

B

En el cálculo de la energía cinética de los iones, utiliza el valor medio del cuadrado del momento dado en 1 después de haber sido simplificado por $(p_0)^2(r_0)^2 \approx (\hbar)^2$

12.

Calcular la energía del ion $A^{(Z-2)+}$ tomando como en el estado fundamental, utilizando el mismo principio que el cálculo de la energía de $A^{(Z-2)+}$. Dada la distancia media de cada uno de los dos electrones en la capa más externa (la misma que r_0 dada en 3) denotado por r_1 y r_2 , supongamos que la distancia media entre los dos electrones está dada por $r_1 + r_2$ y el valor medio del cuadrado del momento de cada electrón obedece el principio de incertidumbre. $p_1^2 r_1^2 \approx \hbar^2$ y $p_2^2 r_2^2 \approx \hbar^2$

Sugerencia: Hacer uso de la información que en el estado fundamental $r_1 = r_2$.

13.

Tenga en cuenta, en particular, el ion $A^{(Z-2)+}$ se encuentra en reposo en el estado fundamental en la captura de un electrón adicional y el electrón capturado también está en reposo antes de la captura. Determinar el valor numérico de Z , si la frecuencia del fotón emitido acompañando el electrón capturado es 2.057×10^{17} rad/s. Identifique el elemento que da lugar a iones.