Examen privado

Parte escrita - Física Experimental

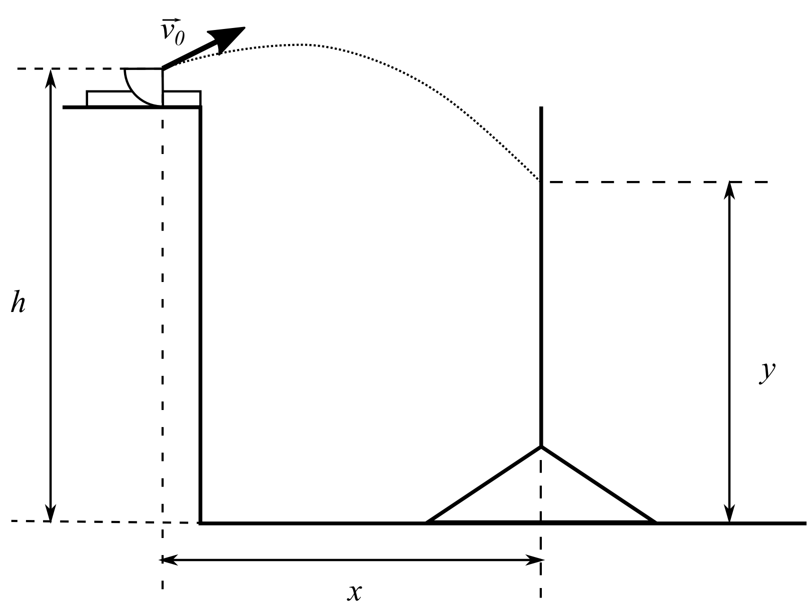
23 de Julio de 2021

Instrucciones

Resolver el siguiente problema en hojas, de manera clara, dejando constancia de su procedimiento. Deberá escanear las hojas donde resolvió el problema y enviarlas en formato PDF junto con una copia de su codigo fuente a hector@ecfm.usac.edu.gt.

Problema

Se lanza una esfera metálica con una pistola de laboratorio desde el borde de una mesa tal como se ilustra en la figura. La esfera choca contra un tablón que se encuentra a una distancia horizontal x del punto de lanzamiento. Considere: $v_0 = 5.0 \pm 0.3$ m/s; $\theta = 0.0 \pm 0.5$ grados; $h = 1.200 \pm 0.005$ m y $x = 1.000 \pm 0.005$ m.



Parte I

Calcule lo siguiente:

1. El punto y, medido desde el suelo, donde impacta la esfera.
2. El error máximo en el valor de y.
3. La desviación estándar en el valor de y.

Parte II

Simule el experimento utilizando técnicas de Monte Carlo y realice 1000 repeticiones. Con estos 1000 resultados, calcular el valor medio de y y su desviación estándar. Comparar con los resultados de la Parte I.

Examen Privado

Resuelva los siguientes ejercicios de forma clara y ordenada. Deje constancia de todo su procedimiento.

Ejercicio 1: Valor esperado de la energía

Recordemos que para potenciales independientes del tiempo, la solución de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo es de la forma

$$\Psi\left(x,t\right)=\sum_{n=1}^{\infty}c_n\psi_n\left(x\right)e^{-i\frac{E_n}{\hbar}t},$$

donde ψ_n es el autovector normalizado asociado al autovalor E_n del hamiltoniano H y los valores c_n son constantes de normalización. Muestre que para que $\Psi\left(x,t\right)$ esté normalizada

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left|c_n\right|^2=1,$$

y luego, muestre entonces que

$$\langle H\rangle=\sum_{n=1}^{\infty}E_n\left|c_n\right|^2.$$

Así, mostramos que la energía esperada es constante en el tiempo, lo que se interpreta como ley de conservación.

Ejercicio 2: Momentum angular

Considere las siguientes relaciones de conmutación

$$\left[L_i,j\right]=i\hbar k\epsilon_{ijk},\quad\left[L_i,j\right]=i\hbar p_k$$

1. Utilice estas relaciones de conmutación para mostrar que $\left[L_i,L_j\right]=i\hbar L_k\epsilon_{ijk}$.
2. Evaluar los conmutadores $\left[L_z,r^2\right]$ y $\left[L_z,p^2\right]$ donde $r^2=\sum_{j=1}^{3}j^2$ y $p^2=\sum_{j=1}^{3}p_j^2$.

3. Muestre que el hamiltoniano $H=\frac{p^2}{2m}+V$ conmuta con las tres componentes de momentum angular si V depende únicamente de r.

Resuelva el siguiente problema dejando constancia clara de su procedimiento.

Parte Escrita

Un oscilador armónico cuántico unidimensional tiene una serie infinita de estados de energía uniformemente espaciados, con $\epsilon_s = s\hbar\omega$, donde s es un entero positivo o cero y ω es la frecuencia clásica del oscilador. Hemos escogido el valor cero de la energía en el estado $s = 0$. (a) Demuestre que para un oscilador armónico la energía libre es

$$F = \tau \log[1 - \exp(-\hbar\omega/\tau)],$$

donde $\tau = k_B T$. (b) Del resultado anterior, demuestre que la entropía es

$$\sigma = \frac{\hbar\omega/\tau}{\exp(\hbar\omega/\tau) - 1} - \log[1 - \exp(-\hbar\omega/\tau)]$$

.

Parte Oral

Las preguntas se formularán al momento de la parte oral del examen.