

Laboratorio Física 1 (Química)

Guía 4: Sistemas en rotación - Cuerpo rígido

Curso verano 2009

JTP: Deborah N. Aguilera, Auxiliar: Ana Luna

Part I

Sistemas en rotación y conservación del momento angular

Objetivo

Estudio de las leyes de la dinámica de los sistemas en rotación. Analizar la conservación de la energía mecánica y del momento angular.

1 Actividades

1.1 Rotación disco rígido

Montar el dispositivo experimental con un disco rígido que pueda girar alrededor de un eje que pase por su centro como indica la Fig 1. Montar una rueda con rayos conectada a un fotointerruptor de manera que rueda acoplada (debido a la fricción) al disco principal. Colocar un hilo en la parte inferior del disco que pase a través de una polea y del cual se cuelguen masas de distinto valor. El hilo transmitirá al disco un torque y una aceleración angular controlados por el valor de las pesas.

1.1.1 Fuerzas de roce

a) Hacer girar el disco solamente (sin hilo ni pesas). Dar al disco una velocidad inicial y estudiar la variación de la velocidad angular ω con el tiempo. Para ello, medir con el fotointerruptor los tiempos de pasos sucesivos de los rayos de la rueda y de éstos obtener ω .

b) Representar en un gráfico ω vs. t y la aceleración angular $\alpha = d\omega/dt$ vs. ω . De éste último inferir una ley que describa la fuerza de roce en función de ω .

c) Discutir el carácter de la fuerza de roce o torque de freno τ_r . Si es posible, escribir una expresión analítica que describa el comportamiento de τ_r y analizar los parámetros relevantes del problema.

d) Estudiar la variación de t_r para distintas masas del disco M o distintos momentos de inercia I .

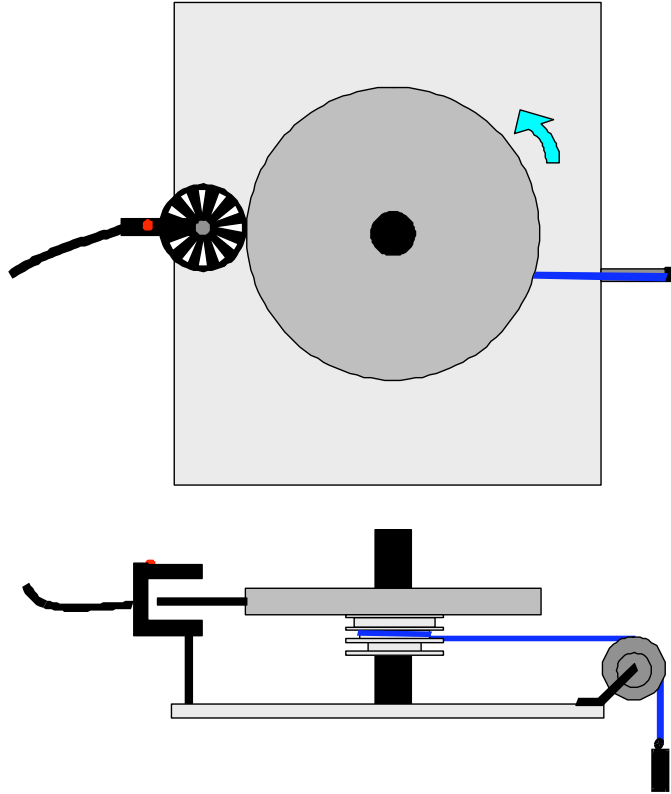


Figure 1: Dispositivo experimental. Disco rígido en rotación

1.1.2 Disco en rotación con torque externo

Colocar el hilo que pase por la polea y distintas masas colgantes como indica la Fig. 1. Liberar el sistema desde el reposo, dejarlo acelerar y luego dejar que el hilo se desprenda. Repetir el experimento para distintas masas colgantes m y distintos radios de la polea r .

- a) Medir la velocidad angular $\omega(t)$ mientras el peso está cayendo y cuando el peso se libera y el disco gira libremente.
- b) Plantear las ecuaciones de movimiento del sistema cuando el hilo está unido a la polea y una vez que el hilo se desprendió.
- c) Suponiendo que el torque de roce, τ_r , no varía y que $\alpha_{1,2}$ son las aceleraciones angulares antes y después del desprendimiento, respectivamente, obtener una expresión que permita relacionar el momento de inercia del disco I con los valores obtenidos de m, r, α_1, α_2 .
- d) De una adecuada representación gráfica de la relación anterior, obtener I

como ajuste lineal de la gráfica.

e) Compare el valor de I obtenido en d) con el valor calculado a partir de la masa M del disco y de la geometría del sistema que gira.

Obs: en a) cuidar que la cuerda se desprenda con facilidad, de modo que a partir de ese momento sólo actúe el roce.

1.2 Conservación del impulso angular

Montar el dispositivo experimental como indica la Fig. 2. Estudiar la variación del momento angular y energía cinética antes y después de provocar un choque que se produce cuando al primer disco giratorio se le dejan caer otros discos desde una posición de reposo.

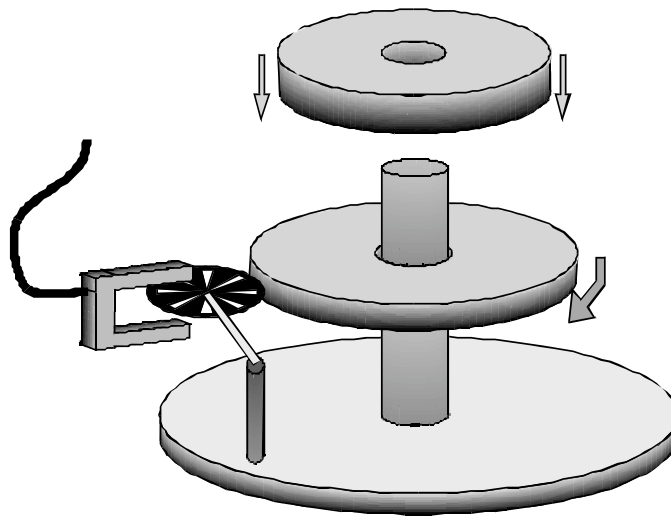


Figure 2: Dispositivo experimental. Colisiones en sistemas en rotación

a) Colocar el sistema a rotar imprimiéndole una velocidad inicial. Dejar caer sobre él disco otros de masa conocida desde el reposo.

b) Medir la velocidad angular ω del sistema unos 3 segundos antes y después de la colisión.

c) Representar gráficamente ω vs. t .

d) Demostrar que el momento de inercia I de un disco macizo de masa M de radio exterior R , con un agujero central de radio r , respecto de un eje que pasa perpendicularmente por el centro es

$$I = \frac{1}{2}M(R^2 + r^2) \quad (1)$$

- e) Usar d) para calcular y graficar el momento angular total L del sistema en función del tiempo. Tener en cuenta el cambio de I antes y después del choque.
- f) Calcular y graficar la energía cinética de rotación E_c vs. t .
- g) Concluir acerca de la conservación o no del momento angular y la energía.

Part II

Cuerpo rígido

Objetivo

Estudio del péndulo físico para pequeñas oscilaciones. Determinación del momento de inercia de objetos de geometrías arbitrarias.

2 Actividades

2.1 Péndulo físico

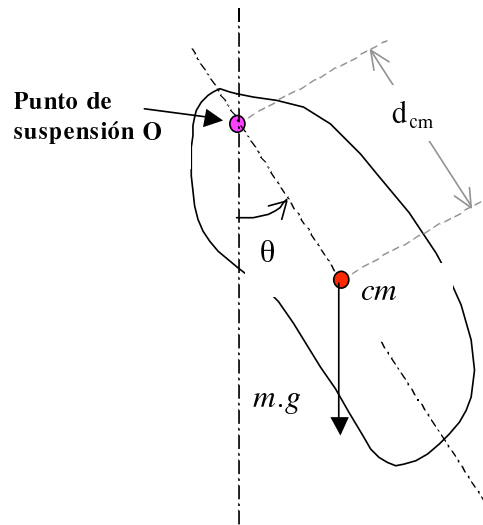


Figure 3: Péndulo físico. Se indican el centro de masa del sistema (cm) y la distancia del punto de suspensión al centro de masa (d_{cm}).

En la Fig. 3 se representa un péndulo físico, que consiste en un cuerpo que puede oscilar suspendido de un punto que dista una distancia d_{cm} de su centro de

masa. El período del péndulo físico, para pequeñas amplitudes de oscilación está dado por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mg d_{cm}}} \quad (2)$$

donde I es el momento de inercia del péndulo respecto del punto de suspensión, M es su masa, y d_{cm} es la distancia del centro de masa del péndulo al centro de rotación. Según el teorema de Steiner, el momento de inercia de un cuerpo respecto de un eje cualquiera, paralelo a un eje que pasa por el centro de masa está dado por

$$I(y) = I_{cm} + M y^2 \quad (3)$$

Reemplazando (3) en (2) se obtiene

$$T(y) = 2\pi \sqrt{\frac{I_{cm} + M y^2}{Mg d_{cm}}} \quad (4)$$

Por lo tanto, si se cuelga el cuerpo, y se mide el período de oscilación T y la distancia y , se puede determinar I_{cm} .

2.1.1 Determinación del momento de inercia de un cuerpo

Elegir un cuerpo para construir un péndulo físico y suspenderlo según Fig. 4.

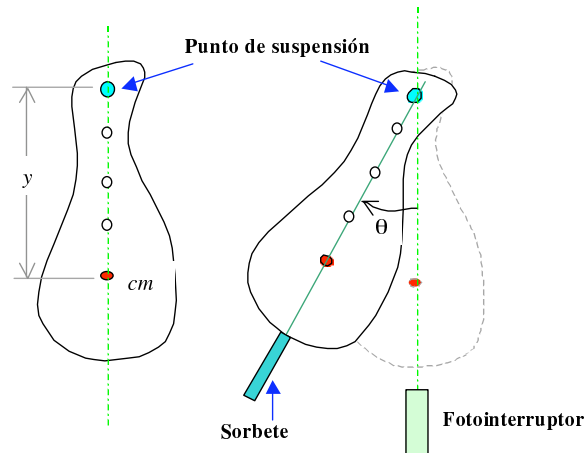


Figure 4: Dispositivo experimental. Oscilación de un cuerpo, formando un péndulo físico con el punto de suspensión dentro del cuerpo. La distancia y se varía colgando el cuerpo de distintos agujeros.

- a) Determinar la posición del centro de masa del cuerpo. Se aconseja usar un objeto plano, pues entonces basta suspenderlo de dos puntos cualesquiera y marcar sobre el mismo las direcciones de las verticales. La intersección de esas rectas determina el centro de masa.
- b) Suspender el cuerpo de un punto y medir y .
- c) Medir el período T para por lo menos siete distancias y . Representar gráficamente a partir de (4), las magnitudes que permitan obtener I_{cm} .

2.1.2 Determinación del momento de inercia de una pieza mecánica

Con una pieza mecánica que puede ser un engranaje o similar, construya un péndulo análogo al de la Fig. 5.

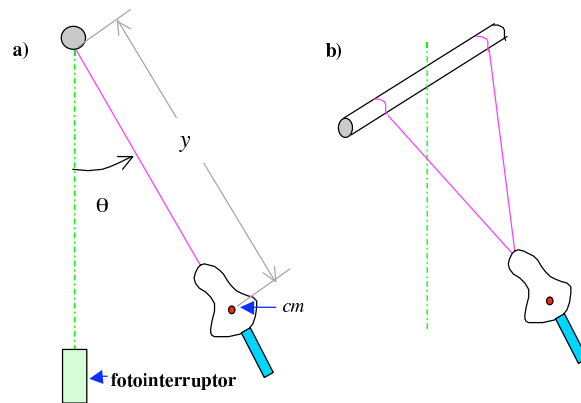


Figure 5: Dispositivo experimental. Oscilación de un cuerpo, formando un péndulo físico con el punto de suspensión fuera del cuerpo. a) Vista de frente. b) perspectiva del sistema bifilar de suspensión. La distancia y se varía variando la longitud del hilo.

- a) Repetir a), b), c) de la sección anterior.

References

- [1] S. Gil, E. Rodríguez, "Física recreativa", Prentice Hall, Buenos Aires (2001). <http://www.fisicarecreativa.com/libro/exper-propuest.html>
- [2] F. Sears, M. Zemansky, H. Young, R. Freedman, "Física universitaria", Vol. 1, Addison Wesley Longman, México, 1999.