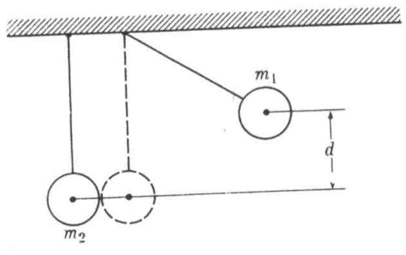

Figura 9-31

sión es (a) elástica, (b) inelástica con un coeficiente de restitución = 0,9, (c) plástica ($e = 0$). Resolver el problema también para el caso en que la masa m_2 es elevada y soltada contra la masa estacionaria m_1.

9.28 Discutir los resultados físicos de un choque en que el valor de e es (a) negativo, (b) mayor que uno. ¿Concluye Ud. entonces que esos valores de e son permitidos para un choque entre dos esferas sólidas?

9.29 Suponiendo que el segundo cuerpo en el Problema 9.25 está en reposo y que su masa es muy grande comparada con la del primero, hallar la velocidad de cada cuerpo después de la colisión, y también encontrar el valor de Q. Aplicar este resultado a la determinación de la altura del rebote, para un cuerpo soltado desde una altura h sobre el suelo. Efectúe el experimento por sí mismo y estime el correspondiente valor de e.

9.30 Probar que el tiempo necesario para que la bola del Problema 9.29 termine de rebotar es $t = \sqrt{2h/g}\,(1 + e)/(1 - e)$.

9.31 Demostrar que si la bola del Problema 9.29 choca con el suelo bajo un ángulo α con la vertical, rebota en un ángulo β, dado por $\operatorname{tg}\beta = (1/e)\operatorname{tg}\alpha$, con una velocidad $v' = v\sqrt{e^2\cos^2\alpha + \operatorname{sen}^2\alpha}$. Usar dicho resultado para discutir el movimiento de una bola soltada desde una mesa con una velocidad horizontal inicial v_0. Bosquejar la trayectoria, suponiendo que rebota varias veces en el suelo.

9.32 Probar directamente que si la energía y el momentum se conservan en un choque elástico, entonces

$$\boldsymbol{u}\cdot(\boldsymbol{v}_1' - \boldsymbol{v}_2') = -\boldsymbol{u}\cdot(\boldsymbol{v}_1 - \boldsymbol{v}_2),$$

donde $\boldsymbol{u}$ es un vector unitario en la dirección en la cual el momentum de una de las partículas ha cambiado. Este resultado significa que en la colisión la componente de la velocidad relativa a lo largo de la dirección del intercambio de momentum ha cambiado de sentido. Aplicar esto al caso de una colisión frontal. Comparar con los resultados del Problema 9.25 tomando $e = 1$. *Sugerencia:* Escribir las leyes de conservación, poniendo todos los términos correspondientes a cada partícula en un lado de cada ecuación.

9.33 Un neutrón, con energía de 1 MeV, se mueve a través de (a) deuterio y (b) carbón. Estimar para cada material el número de colisiones frontales requeridas para reducir la energía del neutrón a un valor termal de aproximadamente 0,025 eV. La probabilidad relativa de captura del neutrón por parte de esos materiales es 1 : 10. ¿En cuál de estos materiales hay mayor probabilidad de que el neutrón sea capturado antes de ser frenado?

9.34 Probar que en una colisión de una partícula de masa m_1, moviéndose con velocidad v_1 en el sistema-L, con una partícula de masa m_2 en reposo en el sistema-L, los ángulos bajo los cuales la primera partícula se mueve después de la colisión con relación a su velocidad inicial están dados por $\operatorname{tg}\theta = \operatorname{sen}\phi/(\cos\phi + 1/A)$, donde $A = m_2/m_1$ y los ángulos θ y ϕ se refieren a los sistemas L y C, respectivamente.

9.35 Verificar, para las partículas del problema anterior, que si $m_1 = m_2$ entonces $\theta = \frac{1}{2}\phi$. ¿Cuál es el máximo valor de θ?

9.36 Refiriéndose al Problema 9.34, demostrar que el valor máximo de θ para A arbitraria está dado por $\operatorname{tg}\theta = A/\sqrt{1 - A^2}$. Discutir la situación cuando A es mayor que uno y cuando es menor que uno.

9.37 Al analizar la deflección de partículas alfa que se mueven a través del hidrógeno, los físicos han encontrado experimentalmente que la máxima deflección de una partícula alfa en el sistema-L vale alrededor de 16°. Usando los resultados del Problema 9.36, estimar la masa de la partícula alfa relativa a la del hidrógeno. Comprobar su respuesta con los valores experimentales obtenidos por medio de otras técnicas.

9.38 Probar que si la energía cinética interna de un sistema de dos partículas es $E_k{}^3{}_{\text{CM}}$, las magnitudes de las velocidades de las partículas relativas al CM son:

$$v_1 = [2m_2E_{k,\text{CM}}/m_1(m_1 + m_2)]^{1/2}$$

y

$$v_2 = [2m_1E_{k,\text{CM}}/m_2(m_1 + m_2)]^{1/2}.$$

9.39 Para las dos partículas en la Fig. 9-32, sabemos que $m_1 = 4$ kg, $m_2 = 6$ kg, $\boldsymbol{v}_1 = \boldsymbol{u}_x(2)$ m s^{-1} y $\boldsymbol{v}_2 = \boldsymbol{u}_y(3)$ m s^{-1}. (a) Determinar el momento angular total del sistema relativo a O y relativo al CM y verificar la relación entre ambos valores. (b) Determinar la energía cinética total relativa a O y relativa al CM y verificar la relación entre ambas.

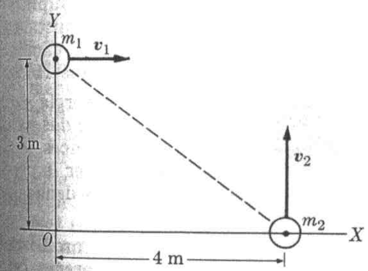

Figura 9-32

9.40 Suponer que las partículas del problema anterior están unidas por un resorte elástico, de constante 2×10^{-3} N m^{-1}, inicialmente sin estirar. (a) ¿Cómo afectará esto al movimiento del CM del sistema? (b) ¿Cuál es la energía interna total del sistema? ¿Permanecerá constante? (c) En cierto instante, el resorte está comprimido en 4 cm. Hallar las energías internas cinética y potencial de las partículas. (d) Determinar las magnitudes de las velocidades relativas al CM (¿puede Ud. también determinar sus direcciones?). Asimismo determinar (e) la magnitud de su velocidad relativa, (f) el momento angular del sistema con relación a O y con relación a CM.

9.41 Dos masas conectadas por una varilla ligera, como se muestra en la Fig. 9-33, están en reposo sobre una superficie horizontal sin fricción. Una tercera partícula de masa 0,5 kg se aproxima al sistema con velocidad $\boldsymbol{v}_0$ y choca con la masa de 2 kg. ¿Cuál es el movimiento resultante del CM de las dos partículas si la masa de 0,5 kg rebota con una velocidad $\boldsymbol{v}_f$ tal como se muestra?

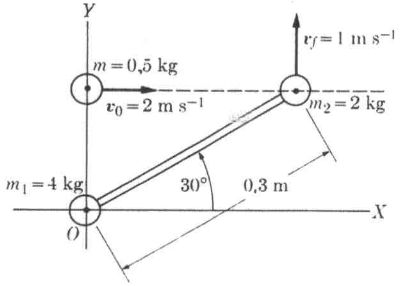

Figura 9-33

9.42 La energía potencial debida a la interacción entre un protón y un átomo de deuterio es $E_{p,\text{int}} = 2.3 \times 10^{-28}/r$ J, donde r es la separación entre los dos, expresada en metros. En un instante particular, un protón de energía 0,5 MeV está a 2×10^{-12} m de un átomo de deuterio en reposo, referidos todos al sistema-L. (a) Hallar la energía cinética del sistema en los sistemas de referencia L y C, así como la energía potencial interna ($m_{\text{proton}} = 1{,}0076$ amu, $m_{\text{deuteron}} = 2{,}0147$ amu). (b) Después de un cierto tiempo el protón está a 10^{-13} m del átomo de deuterio. Hallar la energía cinética del sistema en los sistemas L y C, así como su energía potencial. (c) Hallar la magnitud de la velocidad del CM en ambos casos.

9.43 Designando la tierra, la luna, y el sol, con subíndices T, L, y S, respectivamente, escribir en extenso la ec. (9.34) para sistemas que consisten de (a) la que rueda a lo largo del riel en lugar de resbalar.

10.20 El automóvil del Problema 10.14 tiene una masa de 1600 kg, y su velocidad aumenta en 8 s como se describe. Calcular (a) las energías cinética de rotación inicial y final de cada rueda, (b) la energía cinética total inicial y final de cada rueda, y (c) la energía cinética total final del automóvil.

10.21 Un camión con una masa de 10 toneladas se mueve con una velocidad de 6,6 m s^{-1}. El radio de cada llanta es de 0,45 m, su masa de 100 kg, y su radio de giro es de 30 cm. Calcular la energía cinética total del camión.

10.22 Un anillo de hierro cuyos radios miden 0,60 m y de 0,50 m tiene una masa de 18 kg. Rueda sobre un plano inclinado, llegando a la base con una velocidad de 3,6 m s^{-1}. Calcular la energía cinética total y la altura vertical de la cual cae.

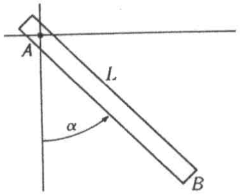

Figura 10-30

10.23 La varilla de la Fig. 10-30, cuya longitud es L y cuya masa es m, puede rotar libremente en un plano vertical alrededor de su extremo A. Inicialmente se coloca en una posición horizontal y luego se suelta. Cuando hace un ángulo α con la vertical, calcular (a) su aceleración angular, (b) su velocidad angular, y (c) las fuerzas en el lugar de suspensión.

10.24 Una varilla uniforme, que cuelga verticalmente de un pivote tiene una longitud de 1,0 m y 2,5 kg de masa. Se le golpea en la base con una fuerza horizontal de 100 N la que actúa durante $\frac{1}{50}$ s. (a) Encontrar el momentum angular adquirido por la varilla. (b) ¿Adquirirá la varilla una posición vertical con el extremo libre sobre el pivote?

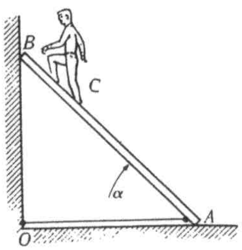

Figura 10-31

10.25 Una escalera AB de 3 m de longitud y 20 kg de masa reposa sobre una pared sin fricción (Fig. 10-31). El piso es liso y, para prevenir el deslizamiento, se le coloca la cuerda OA. Un hombre cuya masa es de 60 kg está parado a dos tercios de la base de la escalera. La soga se rompe repentinamente. Calcular (a) la aceleración inicial del centro de masa del sistema escalera-hombre y (b) la aceleración angular inicial alrededor del centro de masa. [*Ayuda:* Notar que la velocidad angular inicial de la escalera es cero.]

10.26. La varilla horizontal AB de la Fig. 10-32, sostenida por cojinetes sin fricción en sus extremos, puede girar libremente alrededor de su eje horizontal. Dos masas iguales se colocan como se muestra, mediante varillas de masas despreciables, simétricamente situadas con respecto al centro de la varilla. Encontrar (a) el momentum angular del sistema respecto al centro de masa cuando el sistema gira con velocidad angular ω, y (b) las fuerzas sobre los cojinetes.

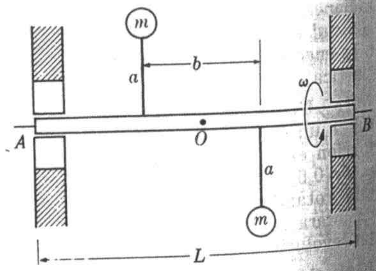

Figura 10-32

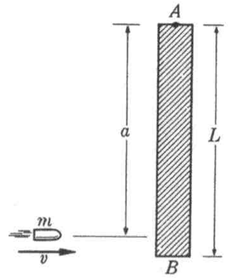

Figura 10-33

10.27 Una varilla de longitud L y masa M (Fig. 10-33) puede rotar libremente alrededor de un pivote en A. Una bala de masa m y velocidad v golpea la varilla a una distancia a de A y se incrusta en ella. (a) Encontrar el momentum angular del sistema con respecto a A inmediatamente antes y después de que la bala dé contra la varilla. (b) Determinar el momentum del sistema inmediatamente antes y después de la colisión. Explicar cuidadosamente su respuesta. (c) ¿Bajo qué condiciones se conservará el momentum? ¿Cuál es el Q de la colisión?

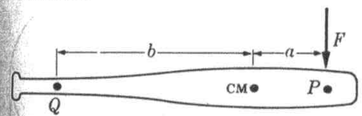

Figura 10-34

10.28 Una varilla de longitud L y masa m reposa sobre un plano horizontal sin fricción (Fig. 10-34). Durante un intervalo muy corto Δt, una fuerza F que actúa sobre aquélla produce un impulso I. La fuerza actúa en un punto P situado a una distancia a del centro de masa. Encontrar (a) la velocidad del centro de masa, y (b) la velocidad angular con respecto al centro de masa. (c) Determinar el punto Q que inicialmente permanece en reposo en el sistema L, demostrando que $b = K^2/a$, siendo K el radio de giro con respecto al centro de masa. El punto Q se denomina *centro de percusión* (por ejemplo, un jugador de beisbol debe sostener el bate en el centro de percusión para evitar sentir una sensación de dolor cuando él golpea la pelota.) Demostrar también que si la fuerza da en Q, el centro de percusión se encuentra en P.

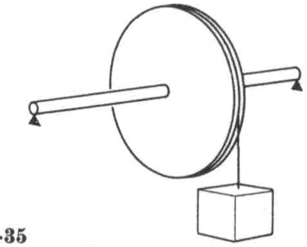

Figura 10-35

10.29 La rueda de la Fig. 10-35, que tiene un radio de 0,5 y una masa de 25 kg, puede girar con respecto a un eje horizontal. Una cuerda enrollada alrededor del eje tiene una masa de 10 kg que cuelga de su extremo libre. Calcular (a) la aceleración angular de la rueda, (b) la aceleración lineal del cuerpo, y (c) la tensión en la cuerda.

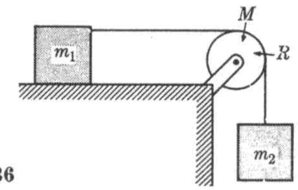

Figura 10-36

10.30. Calcular la aceleración del sistema de la Fig. 10-36 si el radio de la polea es R, su masa es m, y está girando debido a la fricción sobre la cuerda. En este caso $m_1 = 50$ kg, $m_2 = 200$ kg, $M = 15$ kg y $R = 10$ cm.

10.31 Una cuerda está enrollada alrededor del pequeño cilindro de la Fig. 10-37. Suponiendo que tiramos con una fuerza F, calcular la aceleración del cilindro. Determinar el sentido del movi-