

REPASO Y RESUMEN DEL CAPÍTULO 14

En este capítulo se estudió el movimiento de *sistemas de partículas*, esto es, el movimiento de un gran número de partículas consideradas juntas. En la primera parte del capítulo se consideraron los sistemas compuestos por partículas bien definidas, mientras que en la segunda parte se analizaron sistemas que continuamente ganan o pierden partículas, o ambas cosas al mismo tiempo.

Fuerzas efectivas

Se definió primero la *fuerza efectiva* de una partícula P_i de un sistema dado como el producto $m_i \mathbf{a}_i$ de su masa m_i y su aceleración \mathbf{a}_i con respecto al sistema de referencia newtoniano centrado en O [sección 14.2]. Se mostró después que *el sistema de fuerzas externas que actúan sobre las partículas y el sistema de las fuerzas efectivas de las partículas son equipolentes*; esto es, ambos sistemas tienen la *misma resultante* y el *mismo momento resultante* alrededor de O :

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{a}_i \quad (14.4)$$

$$\sum_{i=1}^n (\mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i) = \sum_{i=1}^n (\mathbf{r}_i \times m_i \mathbf{a}_i) \quad (14.5)$$

Cantidad de movimiento lineal y angular de un sistema de partículas

Al definir la *cantidad de movimiento lineal* \mathbf{L} y la *cantidad de movimiento angular* \mathbf{H}_O alrededor del punto O del sistema de partículas [sección 14.3] como

$$\mathbf{L} = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_i \quad \mathbf{H}_O = \sum_{i=1}^n (\mathbf{r}_i \times m_i \mathbf{v}_i) \quad (14.6, 14.7)$$

se mostró que las ecuaciones (14.4) y (14.5) pueden sustituirse por las ecuaciones

$$\Sigma \mathbf{F} = \dot{\mathbf{L}} \quad \Sigma \mathbf{M}_O = \dot{\mathbf{H}}_O \quad (14.10, 14.11)$$

que expresa que *la resultante y el momento resultante alrededor de O de las fuerzas externas son, respectivamente, iguales a las tasas de cambio de la cantidad de movimiento lineal y de la cantidad de movimiento angular alrededor de O del sistema de partículas*.

Movimiento del centro de masa de un sistema de partículas

En la sección 14.4 se definió el centro de masa de un sistema de partículas como el punto G cuyo vector de posición $\bar{\mathbf{r}}$ satisface la ecuación

$$m \bar{\mathbf{r}} = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{r}_i \quad (14.12)$$

donde m representa la masa total $\sum_{i=1}^n m_i$ de las partículas. Al diferenciar dos veces ambos miembros de la ecuación (14.12) con respecto a t , se obtienen las relaciones

$$\mathbf{L} = m\bar{\mathbf{v}} \quad \dot{\mathbf{L}} = m\bar{\mathbf{a}} \quad (14.14, 14.15)$$

donde $\bar{\mathbf{v}}$ y $\bar{\mathbf{a}}$ representan, respectivamente, la velocidad y la aceleración del centro de masa G . Al sustituir $\dot{\mathbf{L}}$ de (14.15) en (14.10), se obtuvo la ecuación

$$\Sigma \mathbf{F} = m\bar{\mathbf{a}} \quad (14.16)$$

a partir de la cual se concluyó que *el centro de masa de un sistema de partículas se mueve como si la masa total del sistema y todas las fuerzas externas estuvieran concentradas en ese punto* [problema resuelto 14.1].

En la sección 14.5 se consideró el movimiento de la partícula de un sistema con respecto a un sistema de referencia centroidal $Gx'y'z'$ unido al centro de masa G del sistema y en traslación con respecto al sistema de referencia newtoniano $Oxyz$ (figura 14.14). Se definió la *cantidad de movimiento angular* del sistema *alrededor de su centro de masa G* como la suma de los momentos alrededor de G de las cantidades de movimiento $m_i \mathbf{v}'_i$ de las partículas en su movimiento relativo al sistema de referencia $Gx'y'z'$. También se advirtió que el mismo resultado puede obtenerse considerando los momentos alrededor de G de las cantidades de movimiento $m_i \mathbf{v}_i$ de las partículas en su movimiento absoluto. Por lo tanto, se escribió

$$\mathbf{H}_G = \sum_{i=1}^n (\mathbf{r}'_i \times m_i \mathbf{v}_i) = \sum_{i=1}^n (\mathbf{r}'_i \times m_i \mathbf{v}'_i) \quad (14.24)$$

y se dedujo la relación

$$\Sigma \mathbf{M}_G = \dot{\mathbf{H}}_G \quad (14.23)$$

que expresa que *el momento resultante alrededor de G de las fuerzas externas es igual a la razón de cambio de la cantidad de movimiento angular alrededor de G del sistema de partículas*. Como se verá después, esta relación es fundamental para el estudio del movimiento de cuerpos rígidos.

Cuando no actúan fuerzas externas sobre un sistema de partículas [sección 14.6] se concluye a partir de las ecuaciones (14.10) y (14.11) que la cantidad de movimiento lineal \mathbf{L} y la cantidad de movimiento angular \mathbf{H}_O del sistema se conservan [problemas resueltos 14.2 y 14.3]. En los problemas en los que intervienen fuerzas centrales, la cantidad del movimiento angular del sistema alrededor del centro de fuerza O también se conservará.

La energía cinética T de un sistema de partículas se definió como la suma de las energías cinéticas de las partículas [sección 14.7]:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i v_i^2 \quad (14.28)$$

Cantidad de movimiento angular de un sistema de partículas alrededor de su centro de masa

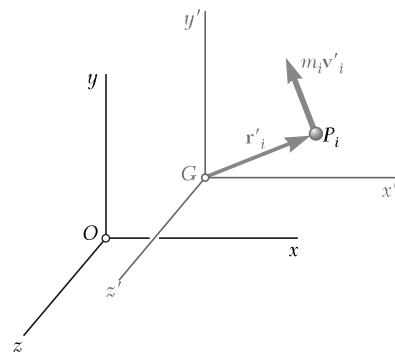


Figura 14.14

Conservación de la cantidad de movimiento

Energía cinética de un sistema de partículas

Principio del trabajo y la energía

Conservación de la energía

Principio del impulso y la cantidad de movimiento

Utilizando el sistema de referencia centroidal $Gx'y'z'$ de la figura 14.14 se advirtió que la energía cinética del sistema también puede obtenerse al sumar la energía cinética $\frac{1}{2}m\bar{v}^2$ asociado con el movimiento del centro de masa G y la energía cinética del sistema en su movimiento relativo al sistema de referencia $Gx'y'z'$:

$$T = \frac{1}{2}m\bar{v}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i v_i'^2 \quad (14.29)$$

El *principio del trabajo y la energía* puede aplicarse a un sistema de partículas, así como a partículas individuales [sección 14.8]. Se escribe

$$T_1 + U_{1 \rightarrow 2} = T_2 \quad (14.30)$$

y se señaló que $U_{1 \rightarrow 2}$ representa el trabajo de *todas* las fuerzas que actúan sobre las partículas del sistema, internas y externas.

Si todas las fuerzas que actúan sobre las partículas del sistema son *conservativas*, es posible determinar la energía potencial V del sistema y escribir

$$T_1 + V_1 = T_2 + V_2 \quad (14.31)$$

que expresa el *principio de conservación de la energía* para un sistema de partículas.

Se vio en la sección 14.9 que el *principio del impulso y la cantidad de movimiento* para un sistema de partículas se expresa gráficamente como se muestra en la figura 14.15. Se establece que las cantidades de movimiento en las partículas en el tiempo t_1 y los impulsos de las fuerzas externas desde t_1 hasta t_2 forman un sistema de vectores equipolentes al sistema de cantidades de movimiento de las partículas en el tiempo t_2 .

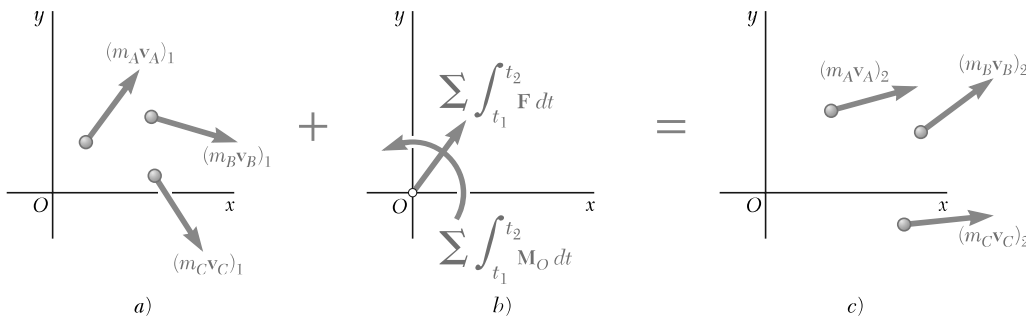


Figura 14.15

Uso de los principios de conservación en la solución de problemas en los que intervienen sistemas de partículas

Si ninguna fuerza externa actúa sobre las partículas del sistema, los sistemas de las cantidades de movimiento indicados en los incisos a) y c) de la figura 14.15 son equipolentes y se tiene

$$\mathbf{L}_1 = \mathbf{L}_2 \quad (\mathbf{H}_O)_1 = (\mathbf{H}_O)_2 \quad (14.36, 14.37)$$

Muchos problemas que implican el movimiento de sistemas de partículas pueden resolverse aplicando de manera simultánea el principio del impulso y la cantidad de movimiento y el principio de la conservación de la energía [problema resuelto 14.4] o expresando que la cantidad de movimiento lineal, la cantidad de movimiento angular y la energía del sistema se conservan [problema resuelto 14.5].

En la segunda parte del capítulo se consideraron los *sistemas variables de partículas*. Primero se estudió una *corriente estacionaria de partículas*, como una corriente de agua desviada por una paleta fija o el flujo de aire a través de un motor a reacción [sección 14.11]. Al aplicar el principio del impulso y la cantidad de movimiento a un sistema S de partículas durante un intervalo de tiempo Δt y al incluir las partículas que entran al sistema en A durante ese intervalo de tiempo y aquellas (de la misma masa Δm) que dejan el sistema en B , se concluyó que *el sistema formado por la cantidad de movimiento $(\Delta m)\mathbf{v}_A$ de las partículas que entran por S en el tiempo Δt y los impulsos de las fuerzas ejercidas sobre S durante ese tiempo es equipolente a la cantidad de movimiento $(\Delta m)\mathbf{v}_B$ de las partículas que salen de S en el mis-*

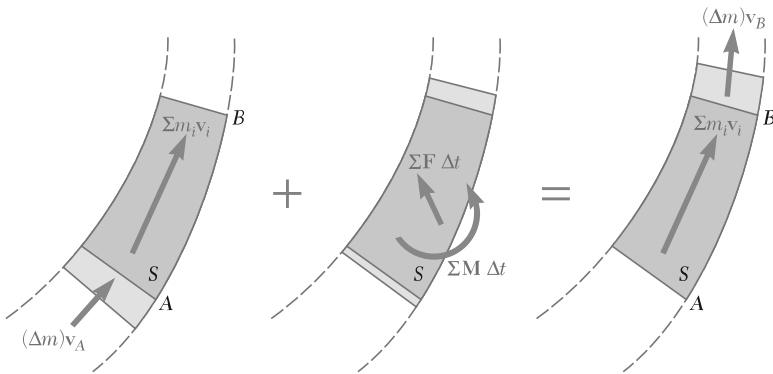


Figura 14.16

mo tiempo Δt (figura 14.16). Al igualar las componentes x , las componentes y y los momentos alrededor de un punto fijo de los vectores que intervienen, se podrían obtener hasta tres ecuaciones, en las que se podrían resolver las incógnitas deseadas [problemas resueltos 14.6 y 14.7]. De este resultado sería posible obtener la siguiente expresión para la resultante $\Sigma \mathbf{F}$ de las fuerzas ejercidas sobre S ,

$$\Sigma \mathbf{F} = \frac{dm}{dt} (\mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A) \quad (14.39)$$

donde $\mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A$ representa la diferencia entre los *vectores* \mathbf{v}_B y \mathbf{v}_A y donde dm/dt es el gasto de masa de la corriente (véase la nota al pie, pág. 891).

Considerando a continuación un sistema de partículas que gana masa al absorber partículas de manera continua o que pierde masa al expulsar partículas continuamente (sección 14.12), como en el caso de un cohete, se aplica el principio del impulso y la cantidad de movimiento al sistema durante el intervalo de tiempo Δt , teniendo cuidado de incluir las partículas ganadas o perdidas durante ese intervalo de tiempo [problema resuelto 14.8]. También se advirtió que la acción sobre un sistema S de las partículas que se están *absorbiendo* por S era equivalente a un empuje

$$\mathbf{P} = \frac{dm}{dt} \mathbf{u} \quad (14.44)$$

donde dm/dt es la tasa a la cual se está absorbiendo la masa y \mathbf{u} es la velocidad de las partículas *relativa a S* . En el caso de partículas que están siendo *expulsadas* por S , la tasa dm/dt es negativa y el empuje \mathbf{P} se ejerce en una dirección opuesta a aquel en el cual las partículas están siendo expulsadas.

Sistemas que ganan o pierden masa

Problemas

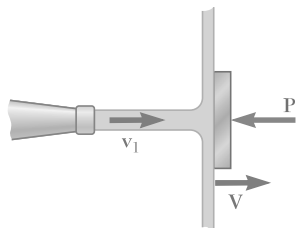


Figura P14.57 y P14.58

14.57 Un chorro de agua con un área de sección transversal A y una velocidad v_1 , golpea a una placa que permanece sin movimiento mediante una fuerza \mathbf{P} . Determine la magnitud de \mathbf{P} , si se sabe que $A = 500 \text{ mm}^2$, $v_1 = 25 \text{ m/s}$ y $V = 0$.

14.58 Un chorro de agua con un área de sección transversal A y una velocidad v_1 , golpea a una placa que se mueve a la derecha con velocidad \mathbf{V} . Determine la magnitud de \mathbf{V} , si se sabe que $A = 600 \text{ mm}^2$, $v_1 = 30 \text{ m/s}$ y $P = 400 \text{ N}$.

14.59 Se introducen troncos y ramas de árbol en A a razón de 5 kg/s en una picadora que lanza las astillas resultantes en C con una velocidad de 20 m/s . Determine la componente horizontal de la fuerza que ejerce la picadora sobre el camión en la unión en D .

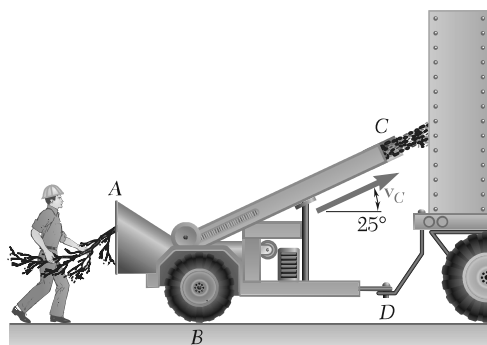


Figura P14.59

14.60 Un arado giratorio eléctrico se usa para quitar la nieve de la sección horizontal de una vía. Esta máquina se coloca enfrente de una locomotora que la impulsa a una velocidad constante de 12 mi/h . La máquina quita 180 toneladas de nieve por minuto, lanzándola en la dirección que se muestra con una velocidad relativa a la máquina de 40 ft/s . Si se desprecia la fricción, determine *a*) la fuerza ejercida por la locomotora sobre la máquina, *b*) la fuerza lateral ejercida por la vía sobre la máquina.

14.61 Entre dos placas A y B fluye agua en una forma laminar con una velocidad \mathbf{v} de 30 m/s de magnitud. La corriente se divide en dos partes mediante una placa horizontal lisa C . Si se sabe que los gastos en cada una de las dos corrientes resultantes son, respectivamente, $Q_1 = 100 \text{ L/min}$ y $Q_2 = 500 \text{ L/min}$, determine *a*) el ángulo θ , *b*) la fuerza total ejercida por la corriente sobre la placa horizontal.

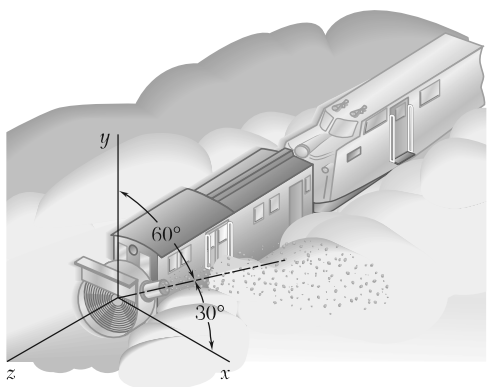


Figura P14.60

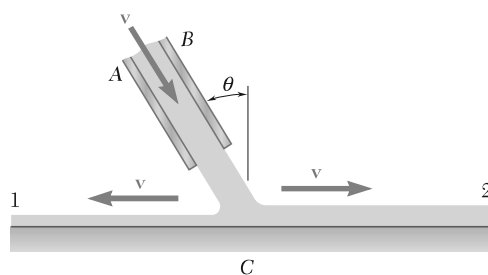


Figura P14.61 y P14.62

14.62 Entre dos placas A y B fluye agua en forma laminar con una velocidad \mathbf{v} de 40 m/s de magnitud. La corriente se divide en dos partes mediante una placa horizontal lisa C . Determine los gastos Q_1 y Q_2 en cada una de las dos corrientes resultantes, si se sabe que $\theta = 30^\circ$ y que la fuerza total ejercida por el chorro sobre la placa horizontal es una fuerza vertical de 500 N .

14.63 La manguera que se muestra en la figura descarga agua a razón de $1.3 \text{ m}^3/\text{min}$. Si se sabe que tanto en A como en B la corriente de agua se mueve con una velocidad de 20 m/s de magnitud y se desprecia el peso de la paleta, determine las componentes de las reacciones en C y D .

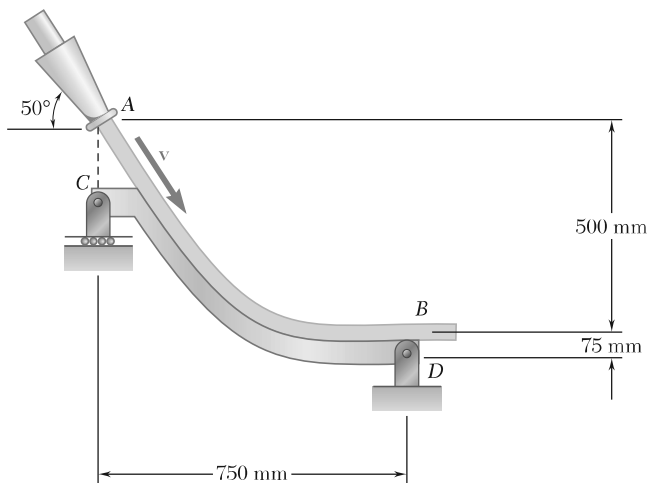


Figura P14.63

14.64 Si se sabe que la cuchilla AB del problema resuelto 14.7 tiene la forma de un arco de círculo, muestre que la fuerza resultante \mathbf{F} ejercida por la cuchilla sobre el chorro se aplica en el punto medio C del arco AB . (Sugerencia: Primero muestre que la línea de acción de \mathbf{F} debe pasar por el centro O del círculo.)

14.65 La corriente de agua que se muestra en la figura fluye a razón de $150 \text{ gal}/\text{min}$ y se mueve con una velocidad de 60 ft/s de magnitud tanto en A como en B . La paleta está soportada por un pasador y una ménsula en C y por una celda de carga en D , la cual sólo puede ejercer una fuerza horizontal. Si se desprecia el peso de la paleta, determine las componentes de las reacciones en C y D ($1 \text{ ft}^3 = 7.48 \text{ gal}$).

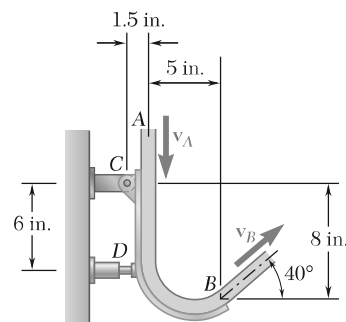


Figura P14.65

14.66 La manguera que se muestra en la figura descarga agua a razón de $200 \text{ gal}/\text{min}$. Si se sabe que tanto en B como en C la corriente de agua se mueve con una velocidad de 100 ft/s de magnitud y se desprecia el peso de la paleta, determine el sistema fuerza-par que debe aplicarse en A para mantener fija la paleta ($1 \text{ ft}^3 = 7.48 \text{ gal}$).

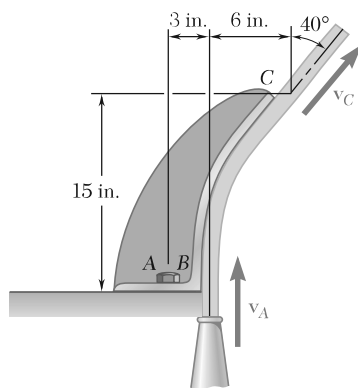


Figura P14.66

14.67 Un chorro de aire a alta velocidad sale de la boquilla A con una velocidad v_A y una razón de flujo de masa de 0.36 kg/s . El aire incide sobre una paleta ocasionando que gire hasta la posición mostrada. La paleta tiene una masa de 6 kg . Si se sabe que la magnitud de la velocidad del aire es igual en A y B , determine *a*) la magnitud de la velocidad en A , *b*) las componentes de las reacciones en O .

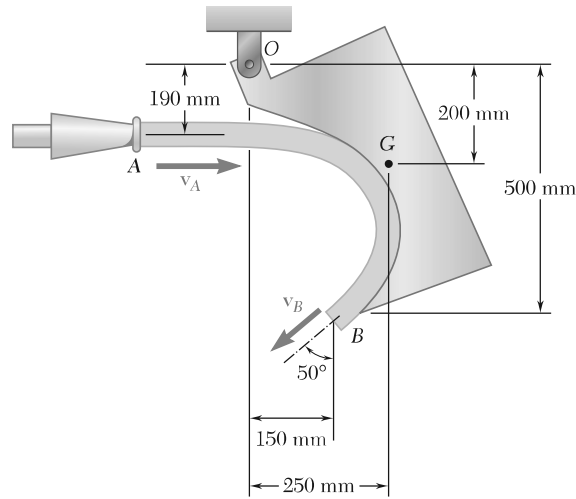


Figura P14.67

14.68 Se descarga carbón desde una banda transportadora a razón de 120 kg/s . Una segunda banda lo recibe en A y a su vez lo descarga en B . Si se sabe que $v_1 = 3 \text{ m/s}$ y $v_2 = 4.25 \text{ m/s}$ y que la segunda banda y el carbón que sostiene tienen una masa total de 472 kg , determine las componentes de las reacciones en C y en D .

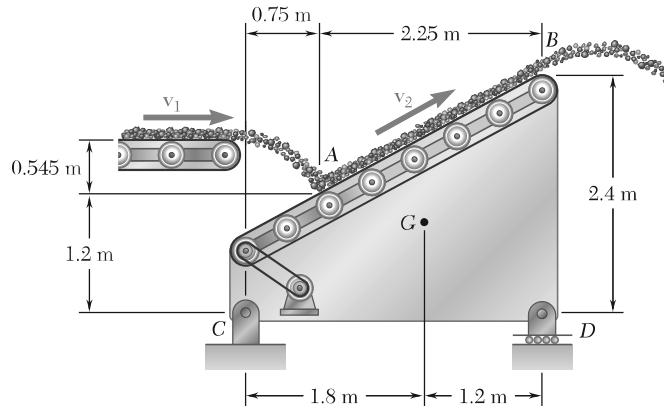


Figura P14.68

14.69 Mientras vuela a una rapidez de 900 km/h , un avión a propulsión succiona aire a razón de 90 kg/s y lo descarga a una velocidad con respecto al avión de 660 m/s . Determine el arrastre total debido a la fricción del aire sobre el aeroplano.

14.70 El arrastre total debido a la fricción del aire sobre un avión a propulsión que vuela a una rapidez de 570 mi/h es de $7\,500 \text{ lb}$. Si se sabe que la velocidad de escape relativa al avión es de $1\,800 \text{ ft/s}$, determine la razón en lb/s a la que el aire debe pasar a través del motor.

14.71 El avión a propulsión que se muestra succiona aire en *A* a razón de 200 lb/s y lo descarga en *B* a una velocidad con respecto al avión de 2 000 ft/s. Determine la magnitud y la línea de acción del empuje propulsor desarrollado por el motor cuando la rapidez del avión es *a*) 300 mi/h y *b*) 600 mi/h.

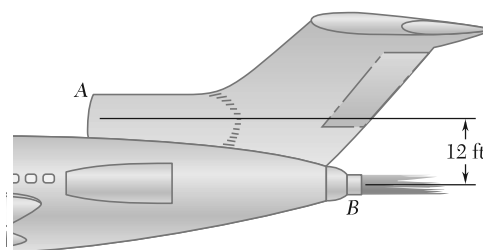


Figura P14.71

14.72 Con la finalidad de acortar la distancia requerida para aterrizar, un avión a propulsión está equipado con paletas móviles, las cuales invierten parcialmente la dirección del aire descargado por los motores. Cada uno de los motores succiona aire a razón de 120 kg/s y lo descarga a una velocidad de 600 m/s en relación con el motor. En un instante cuando la rapidez del avión es de 270 km/h, determine el empuje inverso proporcionado por cada uno de los motores.

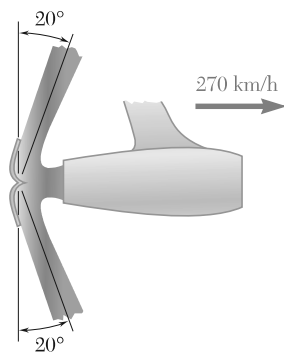


Figura P14.72

14.73 Un ventilador de piso, diseñado para arrojar aire a una velocidad máxima de 6 m/s en una estela de 400 mm de diámetro, está sostenido por una base circular de 200 mm de diámetro. Si se sabe que el peso total del ensamble es de 60 N y que su centro de gravedad se ubica directamente por encima del centro de la placa base, determine la altura *h* máxima a la cual debe operarse el ventilador para que no se vuelque. Suponga que la densidad del aire es $\rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$ y desprecie la velocidad de aproximación del aire.

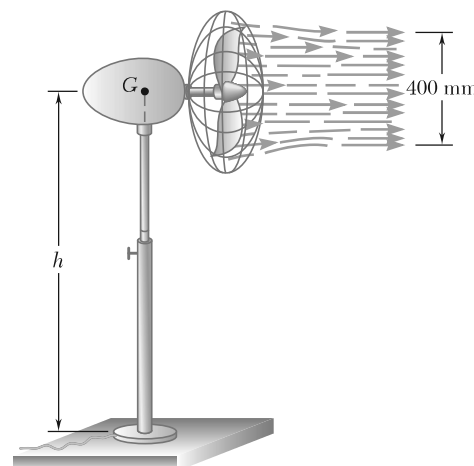


Figura P14.73

14.74 El helicóptero que se muestra en la figura puede producir una rapidez máxima del aire hacia abajo de 80 ft/s en una estela de 30 ft de diámetro. Si el peso del helicóptero y la tripulación es de 3 500 lb y se supone que $\gamma = 0.076 \text{ lb/ft}^3$ para el aire, determine la carga máxima que el helicóptero puede levantar cuando está suspendido en el aire.

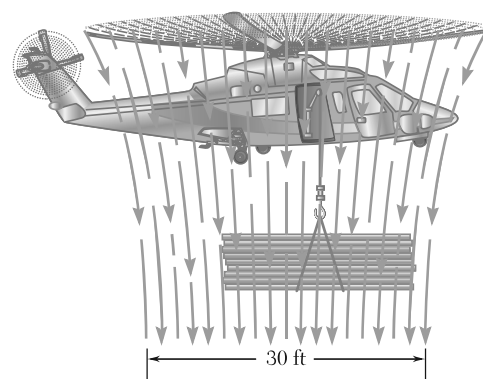


Figura P14.74

14.75 Un jet de línea viaja a una rapidez de 600 mi/h mientras cada uno de sus tres motores descarga aire con una velocidad relativa al avión de 2 000 ft/s. Determine la rapidez del jet después de haber perdido el uso de *a*) uno de sus motores, *b*) dos de sus motores. Suponga que el arrastre debido a la fricción del aire es proporcional al cuadrado de la rapidez y que los motores restantes siguen operando al mismo ritmo.



Figura P14.75

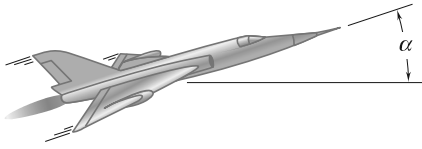


Figura P14.76

14.76 Un avión a propulsión de 16 Mg mantiene una rapidez constante de 774 km/h mientras asciende a un ángulo $\alpha = 18^\circ$. El avión succiona aire a razón de 300 kg/s y lo descarga con una velocidad relativa a la nave de 665 m/s. Si el piloto cambia a un vuelo horizontal mientras mantiene los motores funcionando igual que antes, determine *a*) la aceleración inicial del avión, *b*) la máxima rapidez horizontal que alcanzará. Suponga que el arrastre debido a la fricción del aire es proporcional al cuadrado de la rapidez.

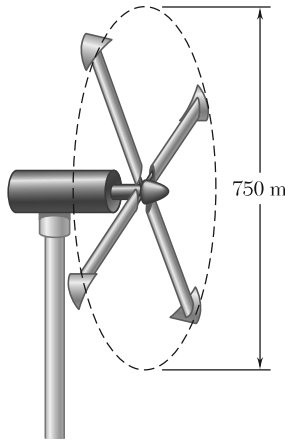


Figura P14.77 y P14.78

14.77 El aerogenerador que se muestra en la figura tiene una salida de potencia de 5 kW para una rapidez del viento de 30 km/h. Para la rapidez del viento dada, determine *a*) la energía cinética de las partículas de aire que entran por segundo al círculo de 7.50 m de diámetro y *b*) la eficiencia de este sistema de conversión de energía. Suponga que la densidad del aire es $\rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$.

14.78 Para cierta rapidez del viento el aerogenerador que se muestra en la figura produce 28 kW de potencia eléctrica y tiene una eficiencia de 0.35 como sistema de conversión de energía. Si la densidad del aire es $\rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$, determine *a*) la energía cinética de las partículas de aire que entran por segundo al círculo de 7.50 m de diámetro y *b*) la rapidez del viento.

14.79 Un avión a propulsión viaja en un vuelo plano a una rapidez de 570 mi/h, succiona aire a razón de 240 lb/s y lo descarga con una velocidad relativa al avión de 2 200 ft/s. Determine *a*) la potencia que en realidad se utiliza para propulsar al avión, *b*) la potencia total desarrollada por el motor, *c*) la eficiencia mecánica del avión.

14.80 La hélice de un pequeño avión tiene una estela de 6 ft de diámetro y produce un empuje de 800 lb cuando el avión está en reposo sobre el suelo. Si $\gamma = 0.076 \text{ lb/ft}^3$ para el aire, determine *a*) la rapidez del aire en la estela, *b*) el volumen de aire que pasa por la hélice por segundo, *c*) la energía cinética por segundo impartida al aire en la estela.

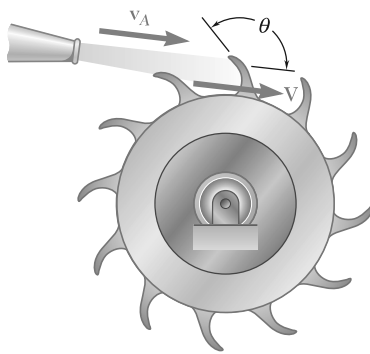


Figura P14.81

14.81 En una turbina de acción una serie de cuchillas desvía un chorro de agua, de manera que la razón a la que el agua es desviada por las cuchillas es igual a la razón con la que el agua sale de la boquilla ($\Delta m/\Delta t = A\rho v_A$). Si se usa la misma notación que en el problema resuelto 14.7, *a*) determine la velocidad \mathbf{V} de las cuchillas para la cual se desarrolla la potencia máxima, *b*) obtenga una expresión para la potencia máxima, *c*) obtenga una expresión para la eficiencia mecánica.

14.82 Un orificio circular entrante (conocido también con el nombre de boquilla de Borda) de diámetro D se sitúa a una profundidad h por debajo de la superficie de un tanque. Si se sabe que la rapidez del chorro expulsado es $v = \sqrt{2gh}$ y se supone que la rapidez de aproximación v_1 es cero, muestre que el diámetro del chorro es $d = D/\sqrt{2}$. (Sugerencia: Considere la sección de agua indicada y observe que P es igual a la presión a una profundidad h multiplicada por el área del orificio.)

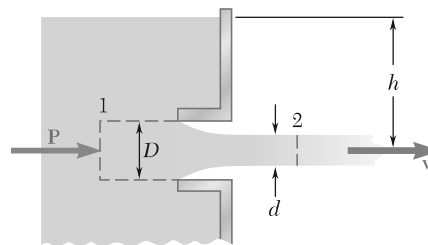


Figura P14.82

*14.83 La profundidad del agua que fluye en un canal rectangular de ancho b a una rapidez v_1 y a una profundidad d_1 aumenta a una profundidad d_2 , en un salto hidráulico. Expresar el gasto Q en términos de b , d_1 y d_2 .

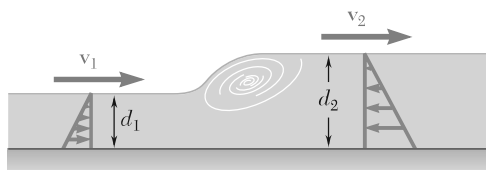


Figura P14.83

*14.84 Determine el gasto en el canal del problema 14.83, si se sabe que $b = 12$ ft, $d_1 = 4$ ft y $d_2 = 5$ ft.

14.85 La grava que se muestra en la figura cae casi con velocidad cero sobre la banda transportadora a una razón constante $q = dm/dt$. a) Determine la magnitud de la fuerza \mathbf{P} requerida para mantener una velocidad constante v en la banda. b) Demuestre que la energía cinética adquirida por la grava en un intervalo de tiempo dado es igual a la mitad del trabajo realizado en ese intervalo por la fuerza \mathbf{P} . Explique qué le sucede a la otra mitad del trabajo realizado por \mathbf{P} .

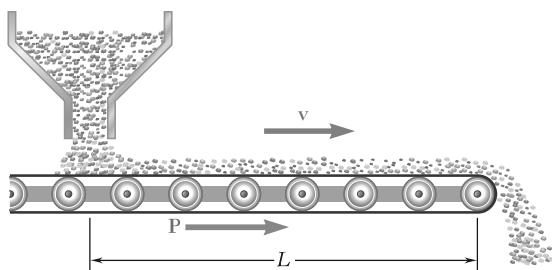


Figura P14.85

14.86 Una cadena de longitud l y masa m cae por un pequeño agujero en una placa. Al principio, cuando y es muy pequeña, la cadena está en reposo. En cada caso mostrado, determine a) la aceleración del primer eslabón A como una función de y , b) la velocidad de la cadena cuando el último eslabón pasa por el agujero. En el caso 1 suponga que los eslabones individuales están en reposo hasta que caen por el agujero. En el caso 2 considere que en cualquier instante todos los eslabones tienen la misma rapidez. Desprecie el efecto de la fricción.

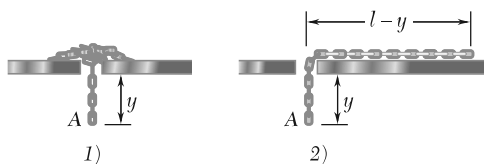


Figura P14.86

14.87 Una cadena de longitud l y masa m se encuentra amontonada sobre el piso. Si su extremo A se levanta verticalmente a una rapidez constante v , exprese en términos de la longitud y de la cadena que está fuera del piso en cualquier instante dado a) la magnitud de la fuerza \mathbf{P} aplicada en A , b) la reacción del piso.

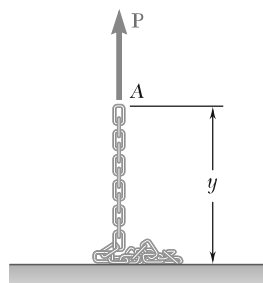


Figura P14.87

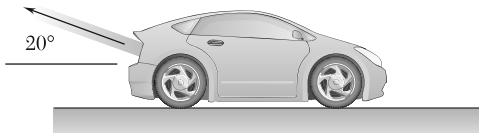


Figura P14.89 y P14.90

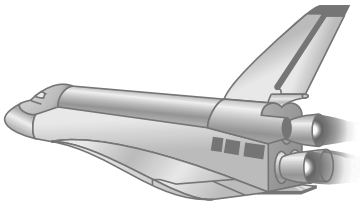


Figura P14.91 y P14.92



Figura P14.95

14.88 Retome el problema 14.87, y ahora suponga que la cadena se *baja* hacia el suelo a una rapidez constante v .

14.89 Un automóvil de juguete se impulsa mediante agua expulsada desde un tanque interno a una velocidad constante relativa al automóvil de 6 ft/s. El peso del automóvil vacío es de 0.4 lb y puede contener 2 lb de agua. Si se desprecian las demás fuerzas tangenciales, determine la rapidez máxima del automóvil.

14.90 Un automóvil de juguete se impulsa mediante agua expulsada desde un tanque interno. El peso del automóvil vacío es de 0.4 lb y puede contener 2 lb de agua. Si se sabe que la rapidez máxima del automóvil es de 8 ft/s, determine la velocidad relativa del agua que se expulsa desde el tanque interior.

14.91 El principal sistema de propulsión del transbordador espacial consiste en tres motores de cohete idénticos, cada uno de los cuales quema el propelente de hidrógeno-oxígeno a razón de 340 kg/s y lo expulsa a una velocidad relativa de 3 750 m/s. Determine el empuje total que proporcionan los tres motores.

14.92 El principal sistema de propulsión del transbordador espacial consiste en tres motores de cohetes idénticos que proporcionan un empuje total de 6 MN. Determine la razón a la cual cada uno de los tres motores quema el propulsor de hidrógeno-oxígeno, si se sabe que éste se expulsa con una velocidad relativa de 3 750 m/s.

14.93 Un vehículo espacial que describe una órbita circular alrededor de la Tierra a una rapidez de 24×10^3 km/h libera en su extremo frontal una cápsula que tiene masa bruta de 600 kg, incluyendo 400 kg de combustible. Si el combustible se consume a razón de 18 kg/s y se expulsa con una velocidad relativa de 3 000 m/s, determine *a*) la aceleración tangencial de la cápsula cuando se enciende su motor, *b*) la máxima rapidez que alcanza la cápsula.

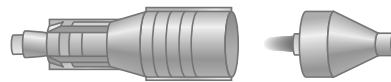


Figura P14.93

14.94 Un cohete tiene una masa de 1 200 kg que incluyen 1 000 kg de combustible, el cual se consume a razón de 12.5 kg/s y se expulsa con una velocidad relativa de 4 000 m/s. Si se sabe que el cohete se lanza verticalmente desde el suelo, determine su aceleración *a*) cuando éste es lanzado, *b*) cuando se consume la última partícula de combustible.

14.95 Un satélite de comunicaciones climatológico con un peso de 10 000 lb, que incluye al combustible, ha sido expulsado de un transbordador espacial que describe una órbita circular baja alrededor de la Tierra. Después de que el satélite se ha alejado lentamente del transbordador hasta una distancia segura, se enciende su motor para incrementar la velocidad en 8 000 ft/s como primer paso en su transferencia a una órbita geosíncrona. Si se sabe que el combustible se expulsa con una velocidad relativa de 13 750 ft/s, determine el peso de combustible consumido en esta maniobra.

14.96 Determine el aumento en la velocidad del satélite del problema 14.95 después de que se han consumido 2 500 lb del combustible.

14.97 Una nave espacial de 540 kg se monta en la parte superior de un cohete de 19 Mg de masa, lo que incluye 17.8 Mg de combustible. Si se sabe que el combustible se consume a razón de 225 kg/s y que se expulsa con una velocidad relativa de 3 600 m/s, determine la rapidez máxima que se imparte a la nave espacial cuando el cohete es lanzado verticalmente desde el suelo.



Figura P14.97



Figura P14.98

14.98 El cohete que se usó para lanzar la nave espacial de 540 kg del problema 14.97 se rediseñó para incluir dos etapas *A* y *B*, cada una con una masa de 9.5 Mg, que incluyen 8.9 Mg de combustible. En este caso el combustible también se consume a razón de 225 kg/s y se expulsa con una velocidad relativa de 3 600 m/s. Si se sabe que cuando la etapa *A* expulsa su última partícula de combustible, su cubierta se desprende y se dispara, determine *a*) la rapidez del cohete en ese instante, *b*) la rapidez máxima que se imparte a la nave espacial.

14.99 Determine la altura alcanzada por la nave espacial del problema 14.97 cuando todo el combustible de su cohete de lanzamiento se ha consumido.

14.100 Para la nave espacial y el cohete de lanzamiento de dos etapas del problema 14.98, determine la altura a la cual *a*) se desprende la etapa *A* del cohete, *b*) se ha consumido el combustible de ambas etapas.

14.101 En el problema 14.95 determine la distancia que separa al satélite de comunicaciones del transbordador espacial 60 s después de haber encendido el motor, si se sabe que el combustible se consume a una tasa de 37.5 lb/s.

14.102 Para el cohete del problema 14.94, determine *a*) la altura a la cual se ha consumido el combustible, *b*) la velocidad del cohete en ese momento.

14.103 Un avión de propulsión desperdicia la energía cinética impartida a los gases de escape. La potencia útil es igual al producto de la fuerza disponible para impulsarlo y su velocidad. Si v es la rapidez del avión y u es la rapidez relativa de los gases expulsados, muestre que la eficiencia mecánica del avión es $\eta = 2v/(u + v)$. Explique por qué $\eta = 1$ cuando $u = v$.

14.104 En la propulsión de un cohete se desperdicia la energía cinética que se imparte al combustible consumido y expulsado. La potencia útil es igual al producto de la fuerza disponible para impulsarlo y su velocidad. Si v es la rapidez del cohete y u es la rapidez relativa del combustible expulsado, muestre que la eficiencia mecánica del cohete es $\eta = 2uv/(u^2 + v^2)$. Explique por qué $\eta = 1$ cuando $u = v$.

Problemas de repaso

14.105 Una bala de 30 g se dispara con una velocidad de 480 m/s hacia un bloque A, el cual tiene una masa de 5 kg. El coeficiente de fricción cinética entre el bloque A y el carrito BC es de 0.50. Si se sabe que el carrito tiene una masa de 4 kg y puede rodar libremente, determine *a)* la velocidad final del carrito y el bloque, *b)* la posición final del bloque sobre el carrito.

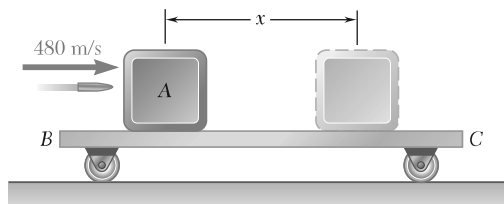


Figura P14.105

14.106 Una locomotora A de 80 Mg que viaja a 6.5 km/h choca con un carro plataforma C de 20 Mg que transporta una carga B de 30 Mg, la cual puede deslizarse a lo largo del piso ($\mu_k = 0.25$). Si se sabe que el carro plataforma estaba en reposo, sin frenos, y que se acopló automáticamente con la locomotora luego del impacto, determine la velocidad del carro plataforma *a)* inmediatamente después del impacto, *b)* después de que la carga se ha deslizado con relación al carro plataforma hasta llegar a un tope.

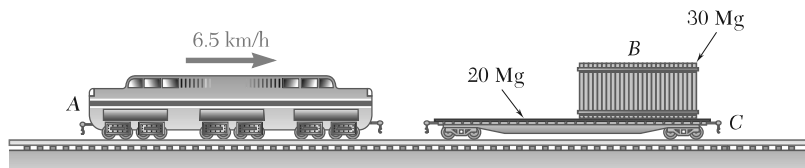


Figura P14.106

14.107 Tres vagones de carga idénticos tienen las velocidades que se indican en la figura. Si el vagón A primero golpea al vagón B, determine la velocidad de cada vagón después de que hayan ocurrido todas las colisiones si *a)* los tres vagones se acoplan de manera automática, *b)* si los vagones A y B se acoplan automáticamente mientras que los vagones B y C rebotan uno contra el otro con un coeficiente de restitución $e = 0.8$.

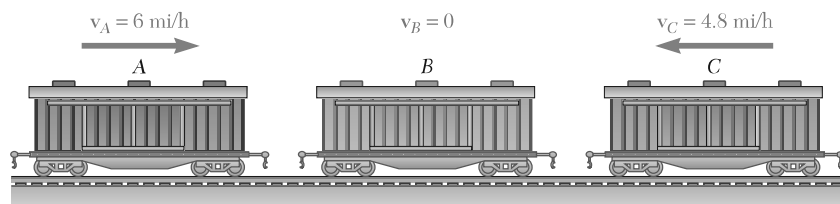


Figura P14.107

14.108 Un helicóptero *A* de 9 000 lb viajaba hacia el este a una rapidez de 75 mi/h y a una altura de 2 500 ft, cuando fue golpeado por un helicóptero *B* de 12 000 lb. Como resultado de la colisión, los dos helicópteros perdieron altura y sus restos trenzados cayeron al suelo en 12 s en un punto localizado 1 500 ft al este y 384 ft al sur del punto de impacto. Si se desprecia la resistencia del aire, determine las componentes de la velocidad del helicóptero *B* justo antes del choque.

14.109 Un bloque *B* de 15 lb se encuentra en reposo y un resorte de constante $k = 72$ lb/in. se mantiene comprimido 3 in. mediante una cuerda. Después de colocar el bloque *A* de 5 lb contra el extremo del resorte, se corta la cuerda ocasionando que *A* y *B* se muevan. Si se desprecia la fricción, determine las velocidades de los bloques *A* y *B* inmediatamente después de que *A* despegue de *B*.

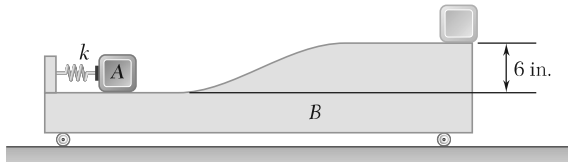


Figura P14.109

14.110 Un bloque *B* de 9 kg parte del reposo y se desliza hacia abajo sobre la superficie inclinada de una cuña de 15 kg, la cual está soportada por una superficie horizontal. Si se desprecia la fricción, determine *a*) la velocidad de *B* en relación con *A* después de que el bloque se haya deslizado hacia abajo 0.6 m sobre la superficie de la cuña, *b*) la velocidad correspondiente de la cuña.

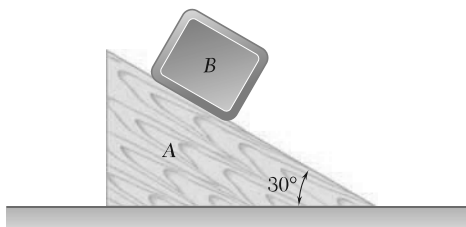


Figura P14.110

14.111 Cada unidad de tiempo se descarga una masa q de arena sobre una banda transportadora que se mueve con una velocidad v_0 . La arena se desvía mediante una placa *A* de modo que cae en una corriente vertical. Después de caer una distancia h , la arena se desvía de nuevo mediante una placa curva en *B*. Si se desprecia la fricción entre la arena y las placas, determine la fuerza requerida para mantener en la posición mostrada *a*) la placa *A*, *b*) la placa *B*.

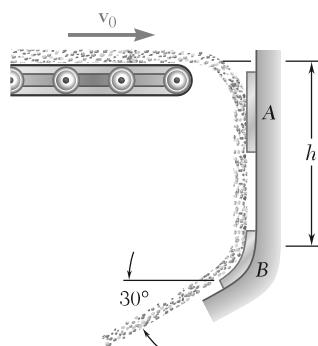


Figura P14.111

14.112 La componente final de un sistema transportador recibe arena a razón de 100 kg/s en A y la descarga en B . La arena se mueve horizontalmente en A y B con una velocidad de magnitud $v_A = v_B = 4.5$ m/s. Si se sabe que el peso combinado de la componente y de la arena que soporta es $W = 4$ kN, determine las reacciones en C y D .

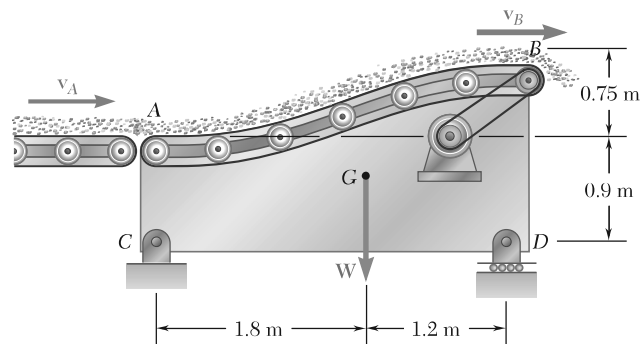


Figura P14.112

14.113 Un aspersor de jardín tiene cuatro brazos rotatorios, cada uno de los cuales consta de dos secciones rectas horizontales de tubo que forman un ángulo de 120° . Cada brazo descarga agua a razón de 20 L/min con una velocidad de 18 m/s relativa al brazo. Si se sabe que la fricción entre las partes móviles y estacionarias del aspersor es equivalente a un par de magnitud $M = 0.375$ N · m, determine la razón constante a la cual gira el aspersor.

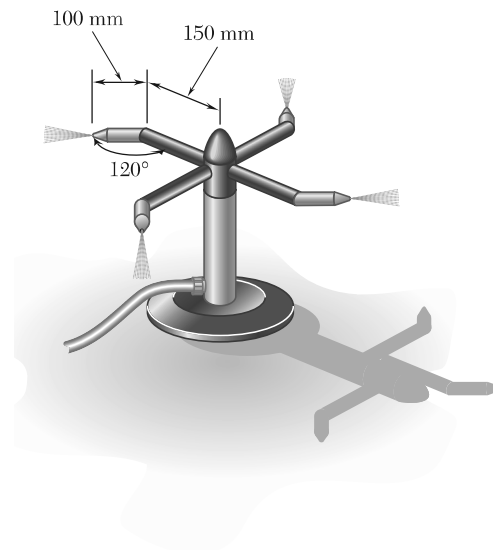


Figura P14.113

14.114 Los eslabones de los extremos de una cadena se encuentran amontonados en A y C . Cuando se le da una velocidad inicial v , la cadena se mantiene en movimiento libre a esa rapidez sobre la polea en B . Desprecie la fricción y determine el valor requerido de h .

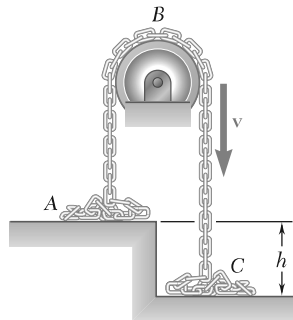


Figura P14.114

14.115 Un vagón de ferrocarril de longitud L y masa m_0 cuando está vacío, se mueve con libertad sobre una vía horizontal mientras se carga con arena que proviene de un conducto estacionario a una razón $dm/dt = q$. Si se sabe que el vagón se aproximaba al conducto a una rapidez v_0 , determine $a)$ la masa del vagón y su carga después de que éste ha dejado atrás al conducto, $b)$ la rapidez del vagón en ese momento.

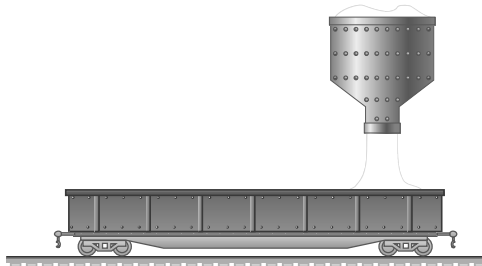


Figura P14.115

14.116 Un método posible para reducir la rapidez de un avión de entrenamiento cuando desciende sobre un portaviones consiste en enganchar la cola del avión al extremo de una cadena pesada de longitud l , la cual está amontonada debajo de la cubierta. Si se denota con m la masa del avión y con v_0 su rapidez al hacer contacto con el portaviones, y se supone que no existe otra fuerza retardadora, determine $a)$ la masa requerida de la cadena si la rapidez del avión debe reducirse a βv_0 , donde $\beta < 1$, $b)$ el máximo valor de la fuerza ejercida por la cadena sobre el avión.

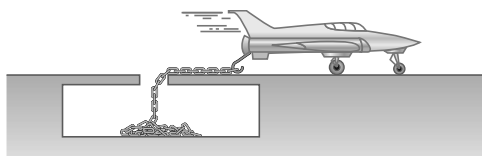


Figura P14.116