UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

LABORATORIOS DE FÍSICA BÁSICA

SEMESTRE 2025-1S

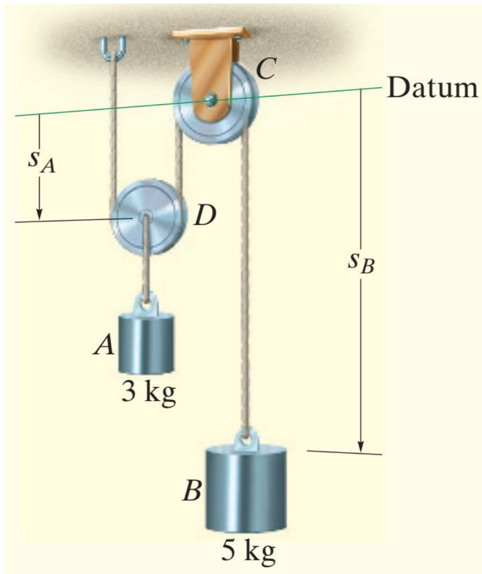
Solución a los ejercicios planteados

Docente: Marlon Basantes Valverde, Ph.D

LABORATORIO 05

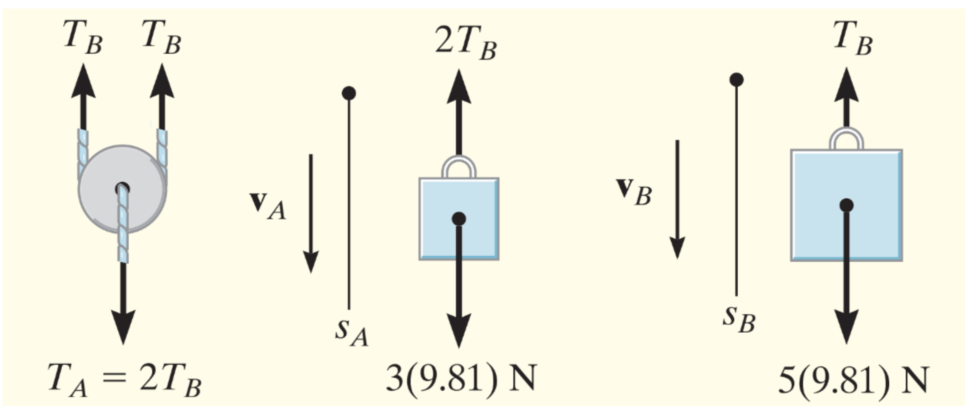
Problema 05.1.

Los bloques A y B de la figura tienen una masa de 3 kg y 5 kg, respectivamente. Si el sistema se pone en movimiento a partir del punto de reposo, determine la velocidad del bloque B después de 6 s. Ignore la masa de las poleas y la cuerda.



Solución

Primero será necesario un DCL (que será muy útil si se divide en 3 partes: uno para la polea, otro para el bloque A y otro para el bloque B). Suponga en un inicio que ambos bloques se mueven hacia abajo.



Como el peso de cada bloque es constante, las tensiones en las cuerdas también lo serán (se suponen cuerdas inextensibles e imponderables). Además, como la masa de la polea D se ignora, la tensión en la cuerda T_A es equivalente a $2T_B$ (en el eje vertical). Observe (como no se sabe) que los dos bloques se mueven hacia abajo, A en la dirección de la coordenada s_A, y B en la dirección de la coordenada s_B. (Suponga que 1 será el sistema al inicio y 2 será el sistema al final y que hacia abajo es positivo).

Principio del Impulso y la Cantidad de Movimiento Lineal

Bloque A:

$$(+\downarrow) \qquad m(v_A)_1 + \sum F_y\, \Delta t = m(v_A)_2$$

$$0 - 2T_B(6\text{s}) + 3(9.81)\text{N}(6\text{s}) = (3\text{ kg})(v_A)_2$$

Bloque *B*:

$$(+\downarrow) \qquad m(v_B)_1 + \sum F_y\, \Delta t = m(v_B)_2$$

$$0 + 5(9.81)\text{N}(6\text{s}) - T_B(6\text{s}) = (5\text{ kg})(v_B)_2$$

Cinemática Como los bloques están sometidos a un movimiento dependiente, la velocidad de *A* puede relacionarse con la de *B* por medio del análisis de cinemática. Se establece un DATUM (plano de referencia) horizontal a través del punto fijo en *C* (techo), figura y las coordenadas de posición, $s_A\ y\ s_B$, se relacionan con la longitud total constante ℓ de los segmentos verticales de la cuerda por medio de la ecuación

$$2s_A + s_B = \ell$$

Al considerar la derivada con respecto al tiempo se obtiene

$$\frac{d}{dt}(2s_A + s_B) = \frac{d}{dt}(\ell) = 0$$

$$2v_A + v_B = 0$$

$$v_B = -2v_A$$

Como lo indica el signo negativo, cuando *B* se mueve hacia abajo (positivo) *A* lo hace hacia arriba (negativo). Al sustituir este resultado en la ecuación para los bloques *A* y *B*, y resolviendo para la velocidad *B*, se obtiene

$$(v_A)_2 = -17.9\text{ m/s} = 17.9\text{ m/s}\uparrow$$

$$T_B = 19.2\text{N}$$

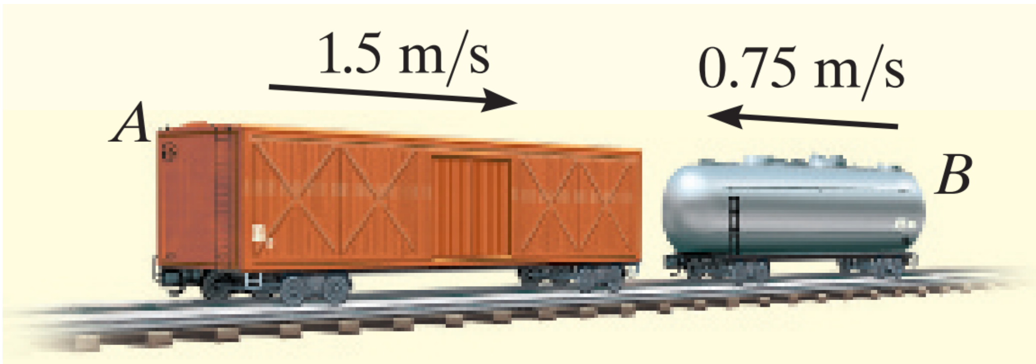
$$(v_B)_2 = 35.8\text{ m/s}\downarrow$$

Resp.

NOTA: Tenga en cuenta que la dirección positiva es hacia abajo y se supuso que $v_A\ y\ v_B$ eran ambas positivas (DCL); sin embargo, la respuesta es contundente al dar las soluciones correctas (mire los signos de las velocidades).

Problema 05.2.

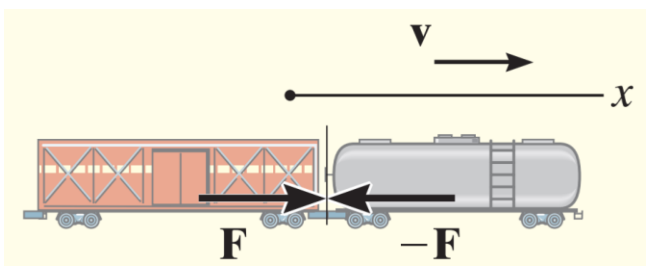
El vagón cerrado A de 15 Mg rueda libremente a 1.5 m/s por la vía horizontal hasta que se encuentra con un carro tanque B de 12 Mg que rueda a 0.75 m/s hacia él, como se muestra en la figura. Si los dos se acoplan, determine (a) la rapidez de ambos justo después del acoplamiento y (b) la fuerza promedio entre ellos si el acoplamiento ocurre en 0.8 s.



Solución

Parte (a)

DCL (se muestran solamente las fuerzas horizontales)



En este caso se considera a los dos, carro y vagón, como un solo sistema.

Por inspección, la cantidad de movimiento lineal se conserva en la dirección x puesto que la fuerza de acoplamiento **F** es interna al sistema y por consiguiente se anula (ausencia de fuerzas externas). Se supone que los dos, al acoplarse, se mueven a una velocidad $\mathbf{v}_2$ en la dirección x positiva.

Conservación de la Cantidad de Movimiento Lineal

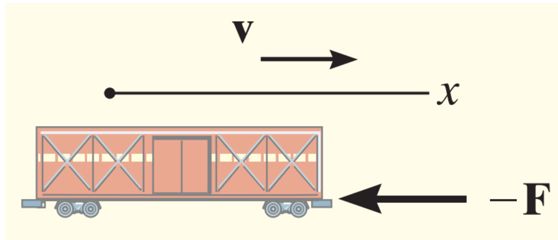
$$(\overset{+}{\rightarrow}) \qquad m_A(v_A)_1 + m_B(v_B)_1 = (m_A + m_B)v_2$$

$$(15\,000 \text{ kg})(1.5 \text{ m/s}) - 12\,000 \text{ kg}(0.75 \text{ m/s}) = (27000 \text{ kg})v_2$$

$$v_2 = 0.5 \text{ m/s} \rightarrow$$ ***Resp.***

Parte (b)

La fuerza de acoplamiento (impulsora) promedio, $\mathbf{F}_{\text{prom}}$ se determina al aplicar el principio de cantidad de movimiento lineal a cualquiera de los dos. Empiece con un DCL.



Como se muestra en la figura, al aislar el vagón cerrado la fuerza de acoplamiento es externa a él.

Principio del Impulso y la Cantidad de Movimiento Lineal

Puesto que en este caso $\sum F_{\text{ext}}\ \Delta t = F_{\text{prom}}\ \Delta t = F_{\text{prom}}\ (0.8\text{ s})$, se tiene

$$(\overset{+}{\rightarrow}) \qquad m_A(v_A)_1 + \sum F_{\text{ext}}\ \Delta t = m_A(v_A)_2$$

$$(15\,000\text{ kg})(1.5\text{ m/s}) - F_{\text{prom}}(0.8s) = (15\,000\text{ kg})(0.5\text{ m/s})$$

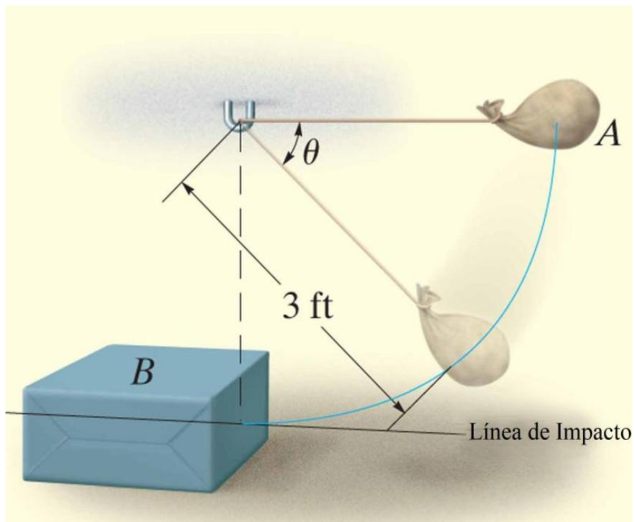
$$F_{\text{prom}} = 18.8\text{ kN}$$ ***Resp.***

NOTA: la solución fue posible en este caso puesto que la velocidad final del vagón cerrado se obtuvo en la parte (a). Por el Principio de Impulso y Cantidad de Movimiento Lineal para el carro tanque, se obtendría el mismo resultado.

LABORATORIO 06

Problema 06.1.

La bolsa A, que pesa 6 lb, se suelta del punto de reposo en la posición $\theta = 0°$, como se muestra en la figura. Después de que cae a $\theta = 90°$, choca con la caja B que pesa 18 lb. Si el coeficiente de restitución entre la bolsa y la caja es $e = 0.5$, determine las velocidades de la bolsa y la caja justo después del impacto. ¿Cuál es la pérdida de energía durante la colisión?

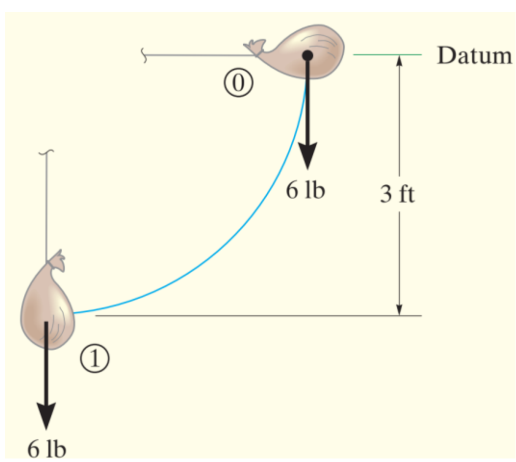


Solución

Este problema implica impacto central. Antes de analizar la mecánica del impacto, primero se requiere obtener la velocidad de la bolsa justo antes de que choque con la caja.

Conservación de la energía.

Con el DATUM en $\theta = 0°$, figura adicional,



tenemos

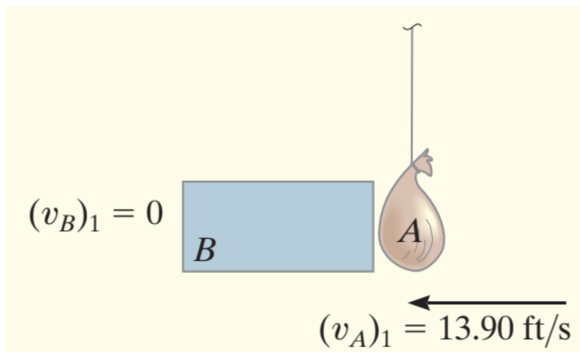
$$K_0 + U_{g0} = K_1 + U_{g1}$$

$$0 + 0 = \frac{1}{2}\left(\frac{6 \text{ lb}}{32.2 \text{ ft/s}^2}\right)(v_A)_1^2 - 6 \text{ lb } (3 \text{ ft})$$

$$(\mathrm{v_A})_1 = 13.90 \text{ ft/s}$$

Conservación de la cantidad de movimiento.

Después del impacto supondremos que *A* y *B* se desplazan a la izquierda (después se verá si esta suposición es cierta). Si aplicamos la conservación de la cantidad de movimiento al sistema (mire la figura siguiente)



Un momento antes del Impacto

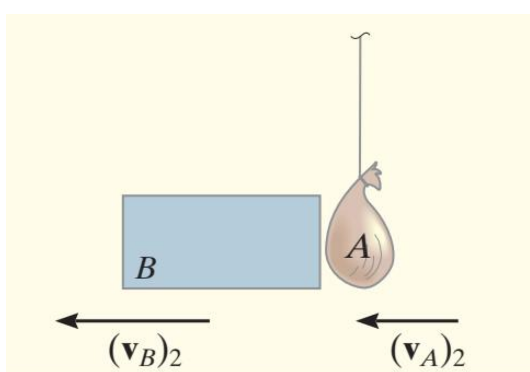
se tiene

$$(\overset{+}{\leftarrow}) \qquad m_B(v_B)_1 + m_A(v_A)_1 = m_B(v_B)_2 + m_A(v_A)_2$$

$$0 + \left(\frac{6 \text{ lb}}{32.2 \text{ ft/s}^2}\right)(13.90 \text{ ft/s}) = \left(\frac{18 \text{ lb}}{32.2 \text{ ft/s}^2}\right)(v_B)_2 + \left(\frac{6 \text{ lb}}{32.2 \text{ ft/s}^2}\right)(v_A)_2$$

$$(v_A)_2 = 13.90 - 3(v_B)_2 \qquad (1)$$

Coeficiente de restitución. Al darnos cuenta de que, para que ocurra la separación después de la colisión $(v_B)_2 > (v_A)_2$, figura abajo,



Un momento después del impacto

Se tiene

$$\left(\overset{+}{\leftarrow}\right) \qquad e = \frac{(v_B)_2 - (v_A)_2}{(v_A)_1 - (v_B)_1};$$

$$0.5 = \frac{(v_B)_2 - (v_A)_2}{13.90\ \text{ft/s} - 0};$$

$$(v_A)_2 = (v_B)_2 - 6.950 \tag{2}$$

Al resolver las ecuaciones (1) y (2) simultáneamente se obtiene

$$(v_A)_2 = -1.74\ \text{ft/s} = 1.74\ \text{ft/s} \rightarrow$$ ***Resp.***

$$y$$

$$(v_B)_2 = 5.21\ \text{ft/s} \leftarrow$$ ***Resp.***

Pérdida de energía: Principio del a Equivalencia Trabajo-Energía Cinética.

Al aplicar el principio de trabajo y energía cinética a la bolsa y la caja justo antes y después de la colisión, tenemos

$$\sum W_{1-2} = K_2 - K_1$$

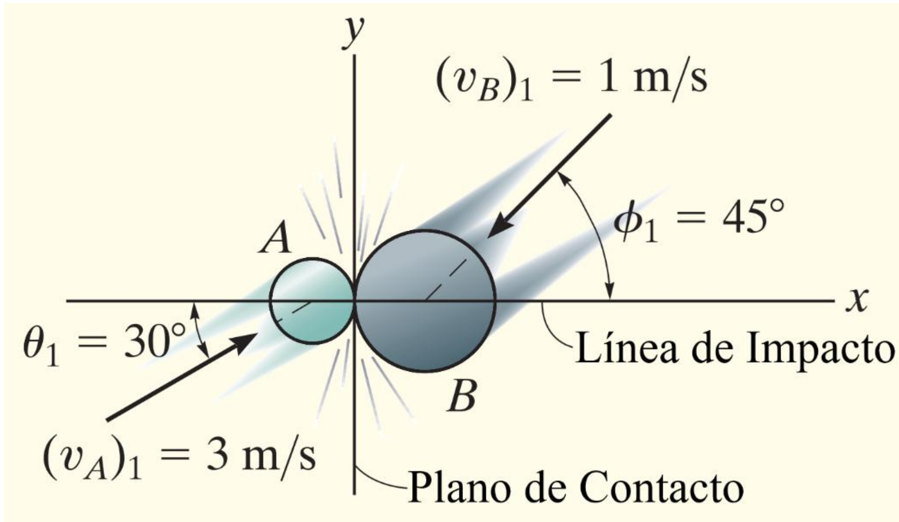
$$\sum W_{1-2} = \left[\frac{1}{2}\left(\frac{18\ \text{lb}}{32.2\ \text{ft/s}^2}\right)(5.21\ \text{ft/s})^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{6\ \text{lb}}{32.2\ \text{ft/s}^2}\right)(1.74\ \text{ft/s})^2\right] - \left[\frac{1}{2}\left(\frac{6\ \text{lb}}{32.2\ \text{ft/s}^2}\right)(13.9\ \text{ft/s})^2\right]$$

$$\sum W_{1-2} = -10.1\ \text{ft}\cdot\text{lb}$$ ***Resp.***

NOTA: la pérdida de energía ocurre debido a la deformación inelástica durante la colisión.

Problema 06.2.

Dos discos lisos *A* y *B* de 1 kg y 2 kg de masa, respectivamente, chocan a las velocidades que se muestran en la figura. Si su coeficiente de restitución es *e* = 0.75, determine los componentes *x* y *y* de la velocidad final de cada disco justo después de la colisión.



Solución

Este problema implica un *impacto oblicuo*. Para resolverlo, se establecen los ejes *x* y *y* a lo largo de la línea de impacto y del plano de contacto, respectivamente (mire la figura arriba).

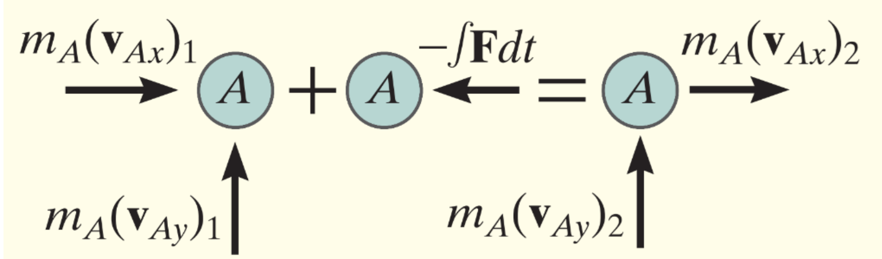
Al descomponer cada una de las velocidades iniciales en componentes *x* y *y*, se tiene

$$(v_{Ax})_1 = 3\cos 30° = 2.598\ \text{m/s} \qquad (v_{Ay})_1 = 3\ \text{sen}\ 30° = 1.50\ \text{m/s}$$

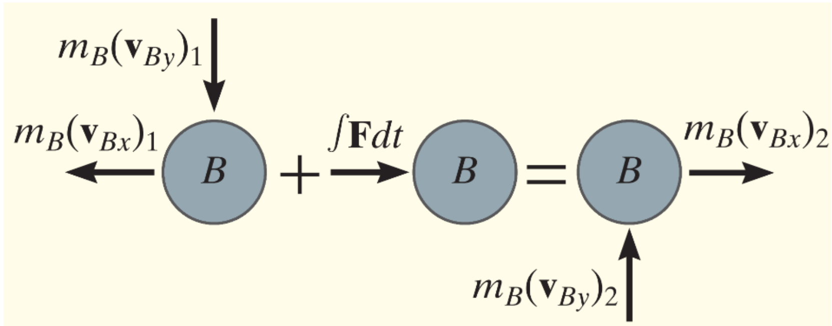
$$(v_{Bx})_1 = -1\cos 45° = -0.7071\ \text{m/s} \qquad (v_{By})_1 = -1\ \text{sen}\ 45° = -0.7071\ \text{m/s}$$

Se supone que las cuatro componentes de velocidad, desconocidas, actúan en las direcciones positivas, figura abajo.

Para la bola *A*



Para la bola *B*



Como el impacto ocurre en la dirección *x* (línea de impacto), la conservación de la cantidad de movimiento de ambos discos se aplica en esta dirección.

Conservación de la Cantidad de Movimiento Lineal en la dirección "x".

Si nos remitimos a los diagramas de cantidad de movimiento (bola *A*), tenemos

$$\left(\overset{+}{\rightarrow}\right) \qquad m_A(v_{Ax})_1 + m_B(v_{Bx})_1 = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$

$$1\text{ kg}\,(2.598\text{ m/s}) + 2\text{ kg}(-0.707\text{ m/s}) = 1\text{ kg}\,(v_{Ax})_2 + 2\text{ kg}\,(v_{Bx})_2$$

$$(v_{Ax})_2 + (v_{Bx})_2 = 1.184 \qquad (1)$$

Coeficiente de restitución (x).

$$\left(\overset{+}{\rightarrow}\right) \qquad e = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(v_{Ax})_1 - (v_{Bx})_1};$$

$$0.75 = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(2.598\text{ m/s}) - (-0.707\text{ m/s})}$$

$$(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2 = 2.482 \qquad (2)$$

Al resolver las ecuaciones (1) y (2) para $(v_{Ax})_2$ y $(v_{Bx})_2$ se obtiene

$$(v_{Ax})_2 = -1.26\text{ m/s} = 1.26\text{ m/s} \leftarrow$$ ***Resp.***

$$(v_{Bx})_2 = 1.22\text{ m/s} \rightarrow$$ ***Resp.***

Conservación de la Cantidad de Movimiento Lineal en la dirección "y".

La cantidad de movimiento lineal de cada disco se conserva en la dirección *y* (llamado plano de contacto) puesto que los discos son lisos y por consiguiente en esta dirección *NO* actúa ningún impulso externo. Desde el diagrama para la bola *B*,

$$(+\uparrow) \qquad m_A(v_{Ay})_1 = m_A(v_{Ay})_2; \qquad (v_{Ay})_2 = 1.50\text{ m/s}\uparrow$$ ***Resp.***

$$(+\uparrow) \qquad m_B(v_{By})_1 = m_B(v_{By})_2\;; \qquad (v_{By})_2 = -0.707\text{ m/s} = 0.707\text{ m/s}\downarrow$$ ***Resp.***

Acá un diagrama donde se aprecian los resultados para las velocidades justo después del choque para las dos bolas.