PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATóLICA DE CHILE
Escuela de Ingeniería
ICE1514 — Dinámica
Segundo semestre 2024

Interrogación 02

Duración total: 120 minutos

Reglas generales:

1. Escriba su nombre, RUT, y sección, de manera clara y legible.
2. Está prohibido el uso de aparatos electrónicos: calculadora, celulares, etc.
3. Se debe firmar el acta de asistencia y mostrar su TUC o cédula de identidad al momento de firmar.
4. **Sólo se aceptarán preguntas de enunciado**. Si la pregunta no es de enunciado o una aclaración de este, no se le dará respuesta alguna.
5. Debe **seleccionar una sola respuesta** en las preguntas de selección múltiple. Para ello debe rellenar completamente el círculo de la respuesta seleccionada (de lo contrario su respuesta se considerará inválida). Los cálculos y desarrollo de las preguntas de selección múltiple no se consideran.
6. En las preguntas de selección múltiple: **las respuestas incorrectas descuentan** 1/5 **de una respuesta correcta**.
7. Al finalizar la interrogación, entregue únicamente la hoja de respuestas (no entregue este cuadernillo).
8. Todo acto contrario a la honestidad académica realizado durante el desarrollo de esta evaluación, será sancionado con la suspensión inmediata de la actividad y será calificado con la nota mínima. Se considerarán infracciones a la honestidad académica las siguientes:

   Cometer fraude en la evaluación

   Adulterar el acta de asistencia

   Adulterar en forma posterior al término de la evaluación la hoja de respuestas

   Cualquier acto u omisión que sea calificado como infracción académica

   Cualquier acto u omisión que vaya en contra del *código de honor* `http://www.uc.cl/codigodehonor`

Cinemática en coordenadas esféricas

Las ecuaciones de cinemática en coordenadas esféricas utilizando el ángulo de elevación φ_{ele} son:

$$
\begin{aligned}
\mathbf{u} &= r\,\hat{\mathbf{e}}_r \\
\dot{\mathbf{u}} &= \dot{r}\,\hat{\mathbf{e}}_r + r\,\dot{\theta}\,\cos\varphi\,\hat{\mathbf{e}}_\theta + r\,\dot{\varphi}\,\hat{\mathbf{e}}_\varphi \\
\ddot{\mathbf{u}} &= \left(\ddot{r} - r\,\dot{\varphi}^2 - r\,\dot{\theta}^2\,\cos^2\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_r + \\
&\quad + \left(2\,\dot{r}\,\dot{\theta}\,\cos\varphi + r\,\ddot{\theta}\,\cos\varphi - 2\,r\,\dot{\theta}\,\dot{\varphi}\,\sin\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_\theta + \\
&\quad + \left(2\,\dot{r}\,\dot{\varphi} + r\,\ddot{\varphi} + r\,\dot{\theta}^2\,\sin\varphi\,\cos\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_\varphi
\end{aligned}
$$

Las ecuaciones de cinemática en coordenadas esféricas utilizando el ángulo polar φ_{pol} son:

$$
\begin{aligned}
\mathbf{u} &= r\,\hat{\mathbf{e}}_r \\
\dot{\mathbf{u}} &= \dot{r}\,\hat{\mathbf{e}}_r + r\,\dot{\theta}\,\sin\varphi\,\hat{\mathbf{e}}_\theta + r\,\dot{\varphi}\,\hat{\mathbf{e}}_\varphi \\
\ddot{\mathbf{u}} &= \left(\ddot{r} - r\,\dot{\varphi}^2 - r\,\dot{\theta}^2\,\sin^2\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_r + \\
&\quad + \left(2\,\dot{r}\,\dot{\theta}\,\sin\varphi + r\,\ddot{\theta}\,\sin\varphi + 2\,r\,\dot{\theta}\,\dot{\varphi}\,\cos\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_\theta + \\
&\quad + \left(2\,\dot{r}\,\dot{\varphi} + r\,\ddot{\varphi} - r\,\dot{\theta}^2\,\sin\varphi\,\cos\varphi\right)\hat{\mathbf{e}}_\varphi
\end{aligned}
$$

Oscilador Amortiguado

La ecuación del movimiento de un oscilador amortiguado tiene tres posibles soluciones:

- **Caso con** $\zeta > 1$:
$$x(t) = A_1\,e^{\lambda_1\,t} + A_2\,e^{\lambda_2\,t}$$
, donde $\lambda_1 = \omega_n\left(-\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}\right)$ y $\lambda_2 = \omega_n\left(-\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}\right)$.
- **Caso con** $\zeta = 1$:
$$x(t) = (A_1 + A_2\,t)\;e^{-\omega_n t}$$
- **Caso con** $\zeta < 1$:
$$x(t) = e^{-\zeta\,\omega_n\,t}\left[\,A_1\,\cos\left(\omega_d\,t\right) + A_2\,\sin\left(\omega_d\,t\right)\,\right]$$
, donde $\omega_d = \omega_n\sqrt{1 - \zeta^2}$.

Problema 1 [0.5 puntos]

Un vehículo de masa m se aproxima a una colina de perfil circular de radio R como se muestra en la Figura 1. Determine la máxima rapidez que puede tener vehículo al pasar por la cima para no perder el contacto con la superficie. Desprecie los efectos del roce en sus cálculos.

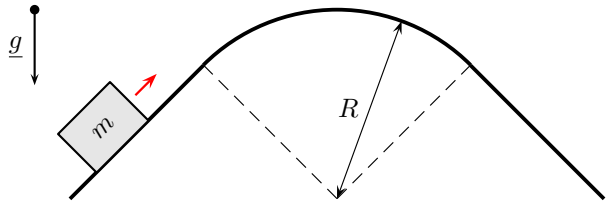


Figura 1: Vehículo en colina

a) $\sqrt{gR}$

b) $\sqrt{2\,gR}$

c) $\sqrt{\frac{gR}{2}}$

d) $\frac{\sqrt{gR}}{2}$

e) No perderá el contacto independientemente de la velocidad

Solución

Planteando el equilibrio justo en el punto más alto de la colina:

$$N - W = -mR\dot{\theta}^2$$

Como la rapidez tangencial es $v = R\dot{\theta}$ y $W = mg$, entonces

$$\frac{m}{R}v^2 - mg = N > 0$$

El límite para perder contacto ocurre cuando se anula la normal, entonces

$$v = \sqrt{gR}$$

Problema 2 [0.5 punto]

Un bloque de masa m está inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal rugosa caracterizada por un coeficiente de roce cinético μ_c (Figura 2). Luego, se aplica una fuerza F que actúa en el tramo $\overline{AB}$, donde F es suficiente para vencer la fuerza de roce. Una vez que se retira la fuerza, el bloque sigue deslizando hasta detenerse completamente en C. Determine el valor de μ_c.

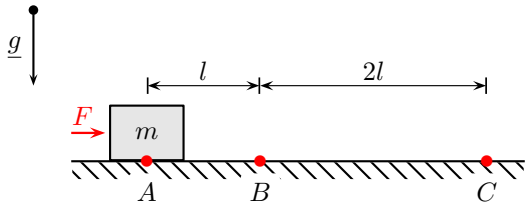


Figura 2: Bloque sobre superficie rugosa

a) $\mu_c = \frac{F}{3mg}$

b) $\mu_c = \frac{F}{2mg}$

c) $\mu_c = \frac{F}{mg}$

d) $\mu_c = 2\frac{F}{mg}$

e) $\mu_c = 3\frac{F}{mg}$

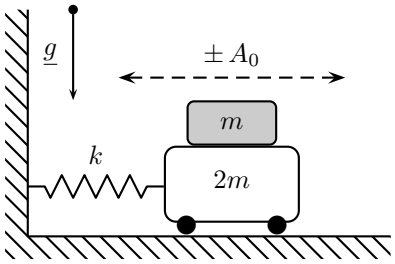
Solución

Como inicialmente el bloque está en reposo, no tiene energía cinética. Seleccionando la referencia a nivel del bloque, no habrá cambio en la energía potencial. Luego, el trabajo ejercido por la fuerza F: $W_F = F\,l$ deberá ser idéntico al ejecutado por el roce hasta la detención: $W_d = f_r\,3l$ Entonces, como

$$f_r = \mu_c mg \qquad \rightarrow \qquad \mu_c = \frac{F}{3mg}$$

Problema 3 [0.5 punto]

Un carro de masa $2m$ y un bloque de masa m están oscilando armónicamente con una amplitud A_0 sin que el bloque deslice sobre el carro. El movimiento del oscilador se inició sin velocidad inicial (i.e. se inició con un desplazamiento inicial). El resorte es ideal de constante k y el roce es despreciable entre la superficie y el carro. Determine el valor mínimo que debería tener el coeficiente de roce estático μ_s entre el carro y el bloque.



a) $\mu_s \geq \frac{kA_0}{3mg}$

b) $\mu_s \geq \frac{2kA_0}{3mg}$

c) $\mu_s \geq \frac{3kA_0}{2mg}$

d) $\mu_s \geq \frac{kA_0}{mg}$

e) $\mu_s \geq \frac{kA_0}{2mg}$

Solución

Como el bloque y el carro oscilan juntos, la frecuencia propia del sistema será $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{3m}}$. Si $u(t)$ es el desplazamiento horizontal y la oscilación es armónica, entonces

$$u(t) = A_0 \sin(\omega_n t) \qquad \rightarrow \qquad \ddot{u}(t) = -\omega_n^2 A_0 \sin(\omega_n t)$$

Con ello, la máxima aceleración que experimenta el sistema ocurre cuando el seno es máximo (o mínimo):

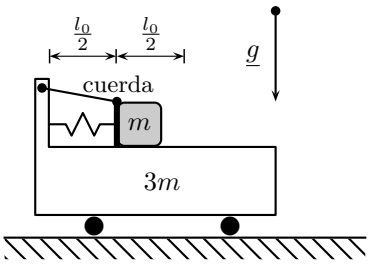
$$[\ddot{u}]_{\max} = \omega_n^2 A_0$$

Tomando ahora el diagrama de cuerpo libre del bloque de masa m, se tiene que:

$$\begin{aligned} f_r = m\,\ddot{u} \qquad \longrightarrow \qquad [f_r]_{\max} &\geq m\,[\ddot{u}]_{\max} \\ \mu_s\, N &\geq m\,\omega_n^2\, A_0 \\ \mu_s &\geq \left(\frac{1}{mg}\right)(m)\left(\frac{k}{3m}\right)(A_0) = \frac{k\,A_0}{3\,mg} \end{aligned}$$

Problema 4 [0.5 punto]

Un bloque de masa m está sobre un carro de masa $3m$, ambos inicialmente en reposo. El carro de masa $3m$ tiene conectado un resorte de rigidez $k = \frac{3mg}{l_0}$ y longitud natural l_0, el cual se mantiene pre-comprimido a la mitad de su largo natural gracias a una cuerda. El resorte tiene una plataforma en su extremo derecho en la cual se apoya el bloque de masa m. No existe roce ni entre el bloque y el carro, ni entre el carro y el suelo. En determinado instante se corta la cuerda que mantiene comprimido el resorte. Determine la rapidez v con que el bloque m se separa del resorte (y su plataforma).



a) $v = \frac{3}{4}\sqrt{gl_0}$

b) $v = \sqrt{3gl_0}$

c) 0

d) $v = \frac{1}{4}\sqrt{3gl_0}$

e) Se requiere el tiempo que tarda en descomprimirse el resorte para calcular v.

Solución

Ya que el resorte es una fuerza interna del sistema, se puede aplicar conservación del momentum lineal. Como inicialmente ambos bloques están detenidos, si v_1 es la velocidad del bloque y v_2 la del carro, entonces:

$$0 = mv_1 + 3mv_2 \qquad \rightarrow \qquad v_1 = -3v_2$$

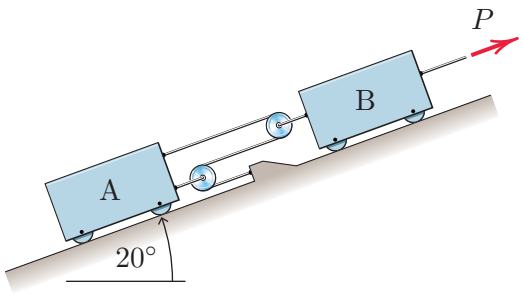
Antes de cortar la cuerda, sólo existe la energía potencial elástica $U_e = \frac{1}{2}k\left(\frac{l_0}{2}\right)^2 = \frac{1}{8}kl_0^2$ Una vez cortada la cuerda, el bloque sentirá el impulso del resorte hasta que llegue a su largo natural y se separe del bloque. En este instante, sólo existe la energía cinética del bloque y el carro:

$$T = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{3}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{3}{2}m\left(-\frac{v_1}{3}\right)^2 = \frac{2}{3}mv_1^2$$

Igualando la energía cinética a la potencial elástica inicial y reemplazando el valor de la constante del resorte:

$$\frac{1}{8}kl_0^2 = \frac{1}{8}\frac{3mg}{l_0}l_0^2 = \frac{2}{3}mv_1^2 \qquad \rightarrow \qquad v = \frac{3}{4}\sqrt{gl_0}$$

Problema 5 [0.5 punto]



La fuerza P aplica una aceleración constante sobre el carro B igual a $1{,}2\,\text{m/s}^2 = \frac{6}{5}\,\text{m/s}^2$ hacia arriba del plano inclinado. Determine la aceleración de B relativa al carro A. Considere positivo hacia arriba del plano inclinado.

a) $a_{\text{B/A}} = \frac{2}{5} = 0{,}4\ \text{m/s}^2$

b) $a_{\text{B/A}} = \frac{4}{5} = 0{,}8\ \text{m/s}^2$

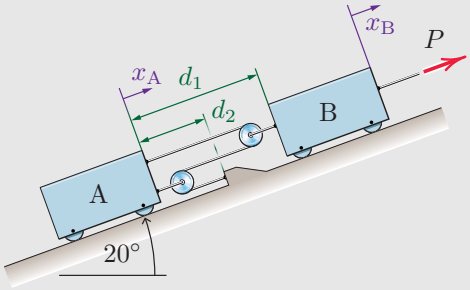
c) $a_{\text{B/A}} = -\frac{4}{5} = -0{,}8\ \text{m/s}^2$

d) $a_{\text{B/A}} = \left(\frac{4}{5}\right)\tan 20° = (0{,}8)\tan 20°\ \text{m/s}^2$

e) $a_{\text{B/A}} = \frac{3}{5} = 0{,}6\ \text{m/s}^2$

Solución

Se define como d_1 a la distancia inicial entre los carros A y B, y d_2 a la distancia inicial del carro A con el punto de anclaje de la cuerda, ambas constantes e indicadas en la Figura al costado. La longitud de la cuerda de interés resulta ser:



$$\ell = 2\,(d_1 + x_{\text{B}} - x_{\text{A}}) + (d_2 - x_{\text{A}}) + \text{ctes.}$$

Luego, tomando la derivada temporal de la longitud de la cuerda:

$$0 = 2\,v_{\text{B}} - 3\,v_{\text{A}}$$
$$0 = 2\,a_{\text{B}} - 3\,a_{\text{A}}$$

Con ello, la aceleración del carro A es:

$$a_{\text{A}} = \frac{2}{3}\,a_{\text{B}} = \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{6}{5}\right) = \frac{4}{5} = 0{,}8\ \text{m/s}^2$$

Finalmente, la aceleración relativa del carro B respecto al carro A es:

$$a_{\text{B/A}} = a_{\text{B}} - a_{\text{A}} = \frac{6}{5} - \frac{4}{5} = \frac{2}{5} = 0{,}4\ \text{m/s}^2$$

Problema 6 [0.5 punto]



Un automóvil de carreras circula a rapidez constante $v = 90\,\mathrm{m/s}$ en una sección plana y recta de la pista de carreras. El roce viscoso sobre el auto se aproxima por $f_c = -c\,v\,\hat{\mathbf{v}}$, con $c = 45\,\mathrm{kg/s}$. Adicionalmente, los neumáticos ejercen una fuerza de roce constante total de $f_r = -950\,\hat{\mathbf{v}}$ en Newtons.
La eficiencia mecánica total del sistema de transmisión del automóvil es $e = 0{,}9$ (sistema que conecta el motor a las ruedas). Determine la potencia P que produce el motor.

a) $P = 500\,\mathrm{kW}$

b) $P = 450\,\mathrm{kW}$

c) $P = 4{,}5\,\mathrm{kW}$

d) $P = 520\,\mathrm{kW}$

e) $P = 5{,}2\,\mathrm{kW}$

Solución
La fuerza que deben ejercer las ruedas f_r que propulsan el automóvil cumple con que el mismo no acelere. Es decir $\sum f = 0$, y con ello:

$$\begin{aligned} f_r + f_c + f_r &= 0 \\ f_r - (45)\,(90) - (950) &= 0 \\ f_r &= 50\,(9 \cdot 9 + 19) = (50)\,(100) = 5000\,\mathrm{N} \end{aligned}$$

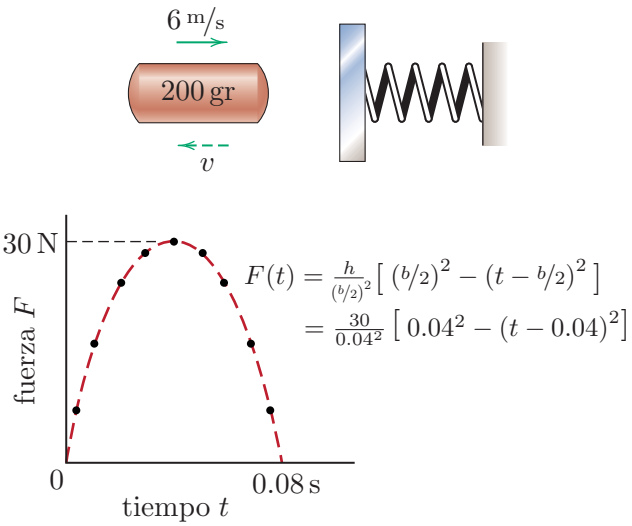
La potencia que debe producir el motor es:

$$P_{\mathrm{motor}} = \frac{P_{\mathrm{ruedas}}}{e} = \frac{(5000)\,(90)}{0{,}9} = (5000)\,(100) = 500000\,\mathrm{W} = 500\,\mathrm{kW}$$

Curiosidad: Este valor de potencia corresponde a 670 hp.

Problema 7 [0.5 punto]

Cuidadosas mediciones hechas durante el impacto de un cilindro de metal de masa 200 gr contra una placa con resorte revelan un comportamiento de parábola entre la fuerza F y el tiempo t como muestra la Figura. Determine la velocidad de rebote del cilindro si este choca contra la placa con rapidez 6 m/s. Considere el signo positivo (datum) hacia la derecha y desprecie los efectos de la fuerza de gravedad.



a) $v = -2\,\text{m/s}$

b) $v = 14\,\text{m/s}$

c) $v = -0{,}4\,\text{m/s} = -\frac{2}{5}\,\text{m/s}$

d) $v = 2{,}8\,\text{m/s} = \frac{14}{5}\,\text{m/s}$

e) $v = 4{,}4\,\text{m/s} = \frac{22}{5}\,\text{m/s}$

Hint: La integral de una sección de parábola de base b y altura h es $\frac{2}{3}bh$.

Solución

Utilizando la ecuación de impulso–momentum, se tiene que:

$$m\,v_{\text{inicial}} + \int_0^{0{,}08\,\text{s}} f(t)\ \mathrm{d}t = m\,v$$

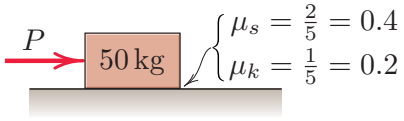
$$(0{,}2)\,(6) + \frac{2}{3}\,(0{,}08)\,(-30) = (0{,}2)\,v$$

$$1{,}2 - 1{,}6 = 0{,}2\,v$$

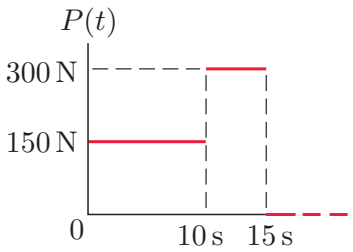
, donde se debe tener especial cuidado con los signos: la rapidez inicial es positiva (hacia la derecha); mientras que la fuerza del resorte es negativa (hacia la izquierda). Finalmente, se obtiene:

$$v = \frac{1{,}2 - 1{,}6}{0{,}2} = \frac{-0{,}4}{0{,}2} = -2\,\text{m/s}$$

Problema 8 [0.5 punto]



Un bloque de masa 50 kg se encuentra en reposo en $t = 0$ cuando se le comienza a aplicar una fuerza $P(t)$ como muestra la Figura. Los coeficientes de roce estático y dinámico del bloque con el piso son $\mu_s = 0{,}4$ y $\mu_k = 0{,}2$, respectivamente. Determine la rapidez del bloque en $t = 15\,\text{s}$. Considere la aceleración de gravedad como $g = 10\,\text{m/s}^2$.



a) $v = 20\,\text{m/s}$

b) $v = 10\,\text{m/s}$

c) $v = 30\,\text{m/s}$

d) $v = 0$

e) $v = 35\,\text{m/s}$

Solución

Inicialmente el bloque está en reposo, y la fuerza de roce (estática) máxima es:

$$[f_r]_s = \mu_s\, N = \mu_s\, m\, g = \left(\frac{2}{5}\right)(50)\,(10) = 200\,\text{N}$$

En el primer tramo, cuando $0 \leq t \leq 10$, se tiene que $P(t) = 150\,\text{N}$, los que no alcanzan a vencer la fuerza de roce estática máxima y por consecuencia, la resultante de fuerzas es cero.

En el segundo tramo, cuando $10 < t \leq 15$, se tiene que $P(t) = 300\,\text{N}$; fuerza que sí es capaz de vencer el roce estático y con ello el bloque comienza a moverse. Vencido el roce estático, la fuerza de roce cambia al coeficiente de roce dinámico. Con ello, la resultante de fuerza en el sentido horizontal es:

$$\sum f_x = P(t) - f_r = P(t) - \mu_k\, m\, g = 300 - \left(\frac{1}{5}\right)(50)\,(10) = 200\,\text{N}$$

Luego, utilizando la ecuación de impulso–momentum, se tiene que:

$$\begin{aligned} m\, v_{\text{inicial}} + \int_0^{10\,\text{s}} (0)\ \text{d}t + \int_{10\,\text{s}}^{15\,\text{s}} (200\,\text{N})\ \text{d}t &= m\, v \\ 0 + 0 + (200\,\text{N})\,(5\,\text{s}) &= (50\,\text{kg})\, v \\ v &= 20\,\text{m/s} \end{aligned}$$

Problema de Desarrollo 1 [1 puntos]

Una argolla de masa m puede deslizar a lo largo de un alambre semi-circular de radio l_0 como se muestra en la Figura 3. Existe roce entre la argolla y el tramo curvo del alambre (es despreciable en los tramos rectos). La argolla está unida a un resorte ideal de constante k y largo natural l_0. El otro extremo del resorte está fijo. La argolla está inicialmente en una posición tal que el largo del resorte es $\frac{6}{5}l_0$ y se suelta desde el reposo. Sabiendo que cuando alcanza el punto P ha perdido el 50 % de su energía inicial total:

- Determine la rapidez de la argolla cuando pasa por el punto P.
- Asumiendo que la fuerza de roce se puede asumir como aproximadamente constante, indique si la argolla se alcanza o no a detener antes de alcanzar el punto Q.

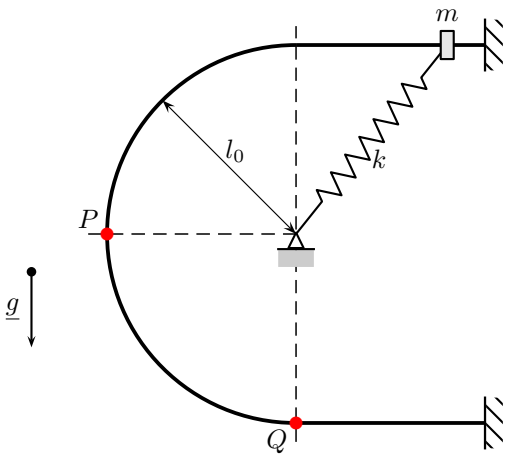


Figura 3: Argolla en alambre

La solución de este problema es dependiente de donde se ubica el datum (i.e., la altura donde $z = 0$). Las ecuaciones de trabajo–energía no suelen depender del datum para efectos del cálculo de la energía potencial gravitatoria, ya que sólo dependen de la variación de energía. No obstante, decir "*el 50 % de la energía*" sí lo hace dependiente del datum; e.g., los pares de números 30 y 20 tienen diferencia de 10, y los pares 1000 y 990 también, pero sus mitades no son lo mismo.

La corrección considerará el punto donde se ha posicionado $z = 0$. La pauta utiliza la opción más frecuente de ubicar $z = 0$ al centro del círculo.

Solución

Tomando como referencia el punto de fijación del resorte, inicialmente hay energía potencial gravitatoria $U_g = mgl_0$ y potencial elástica $U_e = \frac{k}{2}\left(\frac{l_0}{5}\right)^2$.
Cuando la argolla pasa por el punto P, sólo hay energía cinética $T = \frac{1}{2}mv^2$ y se sabe que corresponde al 50 % de la inicial, luego:

$$\frac{1}{2}\left(mgl_0 + \frac{kl_0^2}{50}\right) = \frac{mv^2}{2} \qquad \rightarrow \qquad v = \sqrt{gl_0 + \frac{kl_0^2}{50m}}$$

Como la diferencia de energía es atribuible al trabajo de la fuerza de roce, entonces:

$$f_r = \frac{1}{\pi l_0}\left(mgl_0 + \frac{kl_0^2}{50}\right)$$

Entonces si θ es el ángulo medido en sentido anti-horario desde el punto P, la energía potencial en este tramo será $U_g = -mgl_0 \sin\theta$ y y el trabajo realizado por la fuerza de roce será $f_r\theta l_0$. Entonces, aplicando conservación de energía en cualquier punto entre P y Q

$$\frac{1}{2}\left(mgl_0 + \frac{kl_0^2}{50}\right) - f_r\theta l_0 = -mgl_0 \sin\theta + \frac{1}{2}mv^2$$

o bien

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\left(mgl_0 + \frac{kl_0^2}{50}\right) + mgl_0 \sin\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

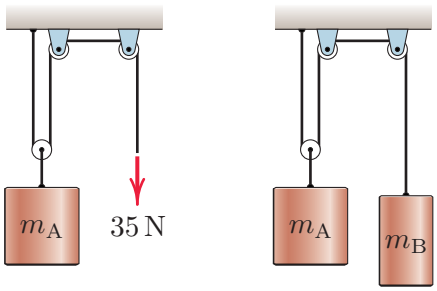
Como los dos primeros términos son positivos entre 0 y $\frac{\pi}{2}$, la velocidad será siempre positiva y la argolla cruzará el punto Q.

Problema de Desarrollo 2 [1 puntos]

Los bloques de la Figura tienen masas $m_A = 5\,\text{kg}$ y $m_B = 4\,\text{kg}$. Asuma que la aceleración de gravedad es $g = 10\,\text{m/s}^2$. Determine la aceleración vertical del bloque de masa m_A e indique la dirección de la misma (hacia arriba o hacia abajo) en los casos:

a) Cuando se jala del extremo de la cuerda con una fuerza igual a 35 N, como muestra la Figura. **[0.25 puntos]**

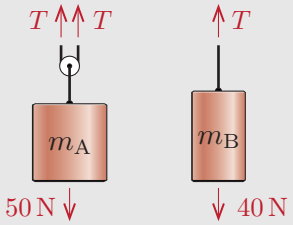
b) Cuando en el extremo de la cuerda se cuelga el bloque de masa m_B. **[0.75 puntos]**



(a) **(b)**

Solución

Se toma el eje z positivo hacia arriba y se hacen DCL de ambos bloques, para obtener la Figura al costado.



Caso A
La tensión en la cuerda es $T = 25\,\text{N}$. Formulando la 2$^{\text{da}}$ ley de Newton para el bloque A se tiene:

$$\begin{aligned} m_A\,\ddot{z}_A &= 2\,T - m_A\,g \\ 5\,\ddot{z}_A &= 70 - 50 \\ \ddot{z}_A &= 4\,\text{m/s}^2 \qquad \text{(hacia arriba)} \end{aligned}$$

Caso B
Formulando la 2$^{\text{da}}$ ley de Newton para ambos bloques se obtiene:

$$m_A\,\ddot{z}_A = 2\,T - m_A\,g \qquad\qquad m_B\,\ddot{z}_B = T - m_B\,g$$

Llamando c_A y c_B a las distancias iniciales de los bloques al techo, el largo de la cuerda es:

$$\ell = 2\,(c_A - z_A) + (c_B - z_B) + \text{ctes.}$$

, con lo que $0 = 2\,\ddot{z}_A + \ddot{z}_B$. Con ello, se tiene un sistema de 3 ecuaciones y 3 incógnitas:

$$\left.\begin{array}{l} m_A\,\ddot{z}_A = 2\,T - m_A\,g \\ m_B\,\ddot{z}_B = T - m_B\,g \\ 2\,\ddot{z}_A + \ddot{z}_B = 0 \end{array}\right\} \longrightarrow \quad T = \frac{3\,m_A\,m_B\,g}{m_A + 4\,m_B}\,,\ \ddot{z}_A = \frac{g\,(2\,m_B - m_A)}{m_A + 4\,m_B}\,,\ \ddot{z}_B = \frac{2\,g\,(m_A - 2\,m_B)}{m_A + 4\,m_B}$$

Finalmente, reemplazando los valores se obtiene:

$$\ddot{z}_A = \frac{g\,(2\,m_B - m_A)}{m_A + 4\,m_B} = \frac{(10)\,(8-5)}{5+16} = \frac{30}{21} = \frac{10}{7}\,\text{m/s}^2 \qquad \text{(hacia arriba)}$$