

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Primer Prueba: Mecánica Parte Teórica

Nombre:

D.N.I.:

Escuela:

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de D.N.I. en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física

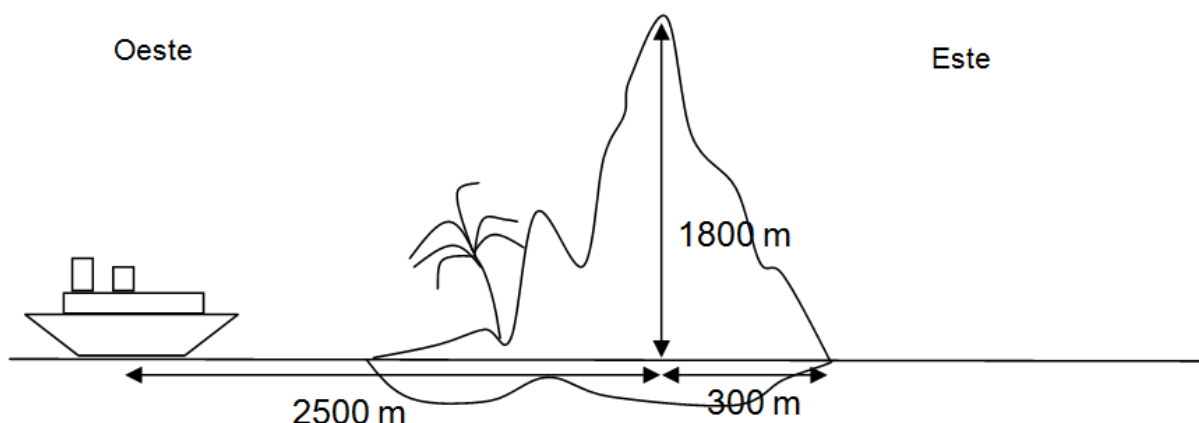


Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 1

Durante la Segunda Guerra Mundial un barco enemigo está anclado en el lado *Oeste* de una isla montañosa. El barco se encuentra a 2500 m de distancia de la cima del monte, cuya altura es de 1800 m, y puede disparar proyectiles con un ángulo de 45° . Del lado *Este*, la orilla está a 300 m de la cima (ver Figura). Suponga que la altura del barco y del cañón es despreciable.



- Elija un sistema de coordenadas e indíquelo claramente en el dibujo. En base al sistema elegido por Usted, escriba la aceleración, velocidad y posición de un proyectil en función del tiempo, si el mismo sale desde el barco enemigo con velocidad inicial v_0 .
- Determine la trayectoria ($y(x)$) del proyectil.
- Si la velocidad del disparo (v_0) es igual 720 km/h, indique si el proyectil supera la cima de la montaña. En caso afirmativo, determine a qué distancia de la orilla *Este* el proyectil cae al agua. En caso negativo, determine la altura a la cual el proyectil impacta en la montaña.
- Determine la velocidad inicial mínima del proyectil para que supere la cima de la montaña.
- Indique cuál es el rango de distancias, medidas desde la orilla *Este*, para las cuáles un barco está fuera del alcance de los proyectiles disparados por la embarcación enemiga.

Nota: Considerar que la aceleración de la gravedad es 10 m/s^2 .

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física

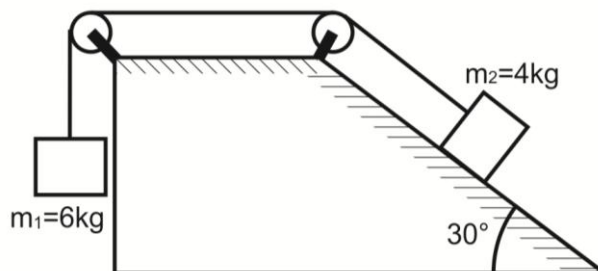


Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 2

Los bloques de la figura están conectados por medio de una cuerda sin masa que pasa por poleas sin fricción. La aceleración del sistema es 2.0 m/s^2 hacia la izquierda y la superficie sobre la que apoya el bloque de masa m_2 es rugosa.



- Realice el diagrama de cuerpo aislado de cada uno de los bloques indicando claramente las fuerzas que actúan sobre los mismos.
- Escriba las ecuaciones de movimiento de los bloques.
- Determine la tensión en la cuerda.
- Determine la fuerza de roce dinámico sobre el bloque de masa m_2 .
- Determina el coeficiente de fricción entre el bloque de masa m_2 y la superficie.

Nota: Considerar que la aceleración de la gravedad es 10 m/s^2 .

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

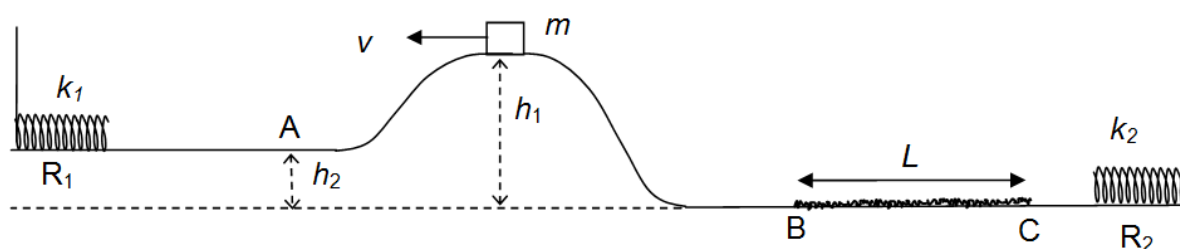
Problema Teórico 3

En un cierto instante de tiempo un bloque de $m = 0.2 \text{ kg}$ pasa justo por la cima de una loma de altura $h_1 = 1.20 \text{ m}$, con una velocidad de 4 m/s en dirección hacia un resorte R_1 de constante elástica $k_1 = 125 \text{ N/m}$, como se muestra en la figura.

El resorte R_1 está sobre una superficie plana a una altura $h_2 = 0.75 \text{ m}$. Toda la superficie, desde la pared donde está enganchado el resorte R_1 hasta el punto B, es totalmente lisa. Entre los puntos B y C existe una superficie horizontal rugosa donde el coeficiente de rozamiento dinámico es $\mu_d = 0.13$ entre el bloque y el piso. La distancia L entre B y C, es igual a 5 m . Luego del punto C hay un segundo resorte R_2 de constante elástica $k_2 = 100 \text{ N/m}$, como se muestra en la figura.

Calcular:

- La velocidad del bloque en el punto A.
- La longitud máxima que se comprime el resorte R_1 .
- La velocidad del bloque en la cima de la loma después de que ha rebotado en el resorte R_1 .
- La velocidad del bloque en el punto B y en el punto C.
- Después de rebotar en el segundo resorte, ¿el bloque tiene energía suficiente para superar la elevación h_1 ? Si no es así, ¿hasta qué altura llega?



Nota: Considerar que la aceleración de la gravedad es 10 m/s^2 .

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 1

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)	$a_x(t)=$ $a_y(t)=$ $v_x(t)=$ $v_y(t)=$ $x(t)=$ $y(t)=$	
b)	$y(x)$	
c)		
d)	$v_{\min}=$	
e)	Rango=	

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 2

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)	Cuerpo 1.	
	Cuerpo 2.	
b)	Cuerpo 1.	
	Cuerpo 2.	
c)	$T=$	
d)	$F_R=$	
e)	$\mu_d=$	

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 3

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)	$v_A =$	
b)	$\Delta x =$	
c)	$v =$	
d)	$v_B =$ $v_C =$	
e)		

Auspicia:



Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Primer Prueba: Mecánica Parte Experimental

Nombre:

D.N.I.:

Escuela:

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de D.N.I. en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Objetivo: Determinar la masa de un cuerpo sin usar una balanza comercial.

Elementos:

- Una regla plástica de 30 cm.
- Una tapita de gaseosa o agua mineral
- Una jeringa descartable de 10 cm³.
- Agua (densidad $\rho = 1\text{g/cm}^3$)
- Mesa, libro, trozo de madera (con bordes bien rectos)

Teoría:

El principio de funcionamiento de una balanza de brazos es el equilibrio de los momentos de los pesos (ver Figura 1).

Con los elementos solicitados, podemos construir nuestra propia balanza, como se muestra en la Figura 2. Para ello utilizamos el borde de una mesa o un libro o un trozo de madera. Para cualquier opción, el borde debe ser lo más recto posible.

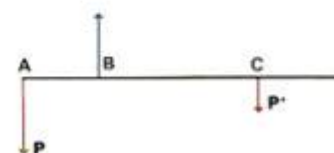
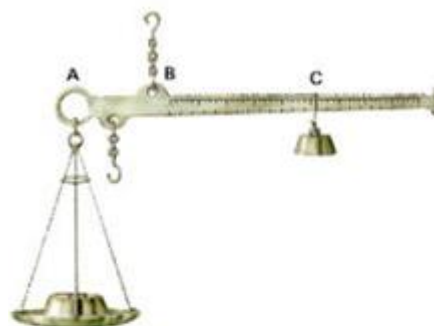


Figura 1

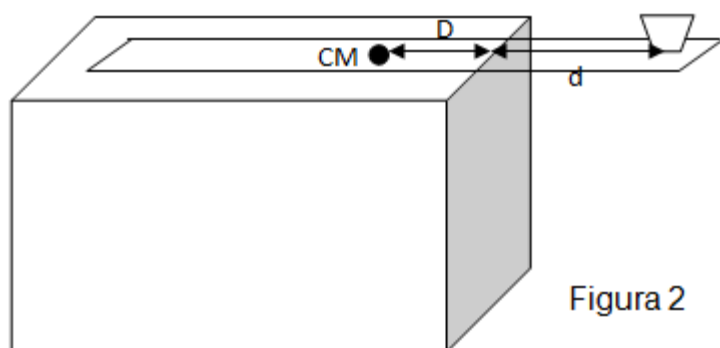


Figura 2

Considerando la regla como una masa puntual, cuya masa está concentrada en su centro de masa, y colocando en un extremo de la regla un peso (tapa), para que el sistema completo esté en equilibrio se debe cumplir que:

$$M \cdot D = m \cdot d \quad (1)$$

donde M es la masa de la regla, D la distancia del centro de masa de la regla al centro de momentos, m la masa de la tapa y d la distancia del centro de masa de la tapa al centro de momentos.

Si llenamos la tapa con una masa conocida de agua m_a , para que el sistema se encuentre en equilibrio, se debe cumplir que:

$$M \cdot D' = (m + m_a) \cdot d' \quad (2)$$

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



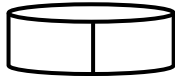
Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Combinando las ecuaciones (1) y (2) resulta que:

$$M = \frac{m_a}{\left(\frac{D'}{d'} - \frac{D}{d}\right)} \quad (3)$$

Procedimiento:

- 1- Determine el centro de masa (CM) de la regla y márquelo con una fibra o lápiz sobre la regla.
- 2- Marque en la tapa vista de costado el centro de la misma. 
- 3- Coloque la tapa vacía centrada sobre una de las marcas de la regla (por ejemplo 1 cm) y sobre el borde de la mesa haga que el sistema regla+tapa quede en equilibrio.
- 4- Determine la distancia D del CM de la regla al centro de momentos (borde de la mesa) y la distancia d del centro de masa de la tapa al centro de momentos.
- 5- Repita la medición, pero ahora con la tapa conteniendo 5 cm^3 de agua y determine D' y d' .
- 6- A partir de la expresión (3) y de los valores medidos, determine la masa M de la regla.
- 7- Repita los pasos 1-6 para al menos 10 posiciones distintas de la tapa en la regla.
- 8- De un valor de M con su correspondiente incertidumbre o error.

Auspicia:





Ministerio de Educación,
de la Nación Argentina



Olimpíada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Prueba Experimental **Hoja de respuestas.**

Puntos 1 a 7.

#Medición	D [cm]	d [cm]	D' [cm]	d' [cm]	M [g]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Punto 8

M =

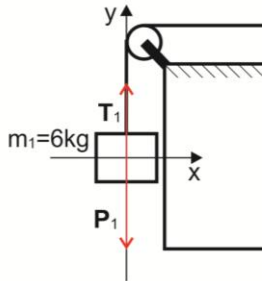
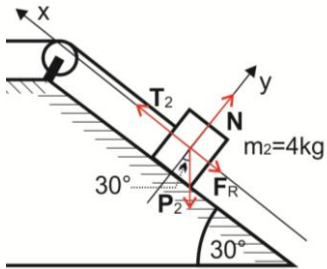
Auspicia:



Problema Teórico 1
Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
a)	Graficar sistema coordenado	0.50
	$a_x = 0$	0.75
	$a_y = -g = -10 \text{ m s}^{-2}$	0.75
	$v_x(t) = v_0 \cos(\theta) = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 = 0.7071 v_0$	0.75
	$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) - gt = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 - 10 \text{ m s}^{-2} t = 0.7071 v_0 - 10 \text{ m s}^{-2} t$	0.75
	$x(t) = v_0 \cos(\theta) t = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t = 0.7071 v_0 t$	0.75
	$y(t) = v_0 \sin(\theta) t - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t - 5 \text{ m s}^{-2} t^2 = 0.7071 v_0 t - 5 \text{ m s}^{-2} t^2$	0.75
b)	$y(x) = \tan(\theta)x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2(\theta)} = x - \frac{10 \text{ m s}^2}{v_0^2} x^2$	1.00
c)	El proyectil no supera la montaña y choca a una altura de 937.5 m.	1.00
d)	$v_{min} = 298.807 \text{ m s}^{-1}$	1.00
e)	Rango = $[0; 6128.571] \text{ m}$	2.00

Problema Teórico 2
Hoja de respuestas.

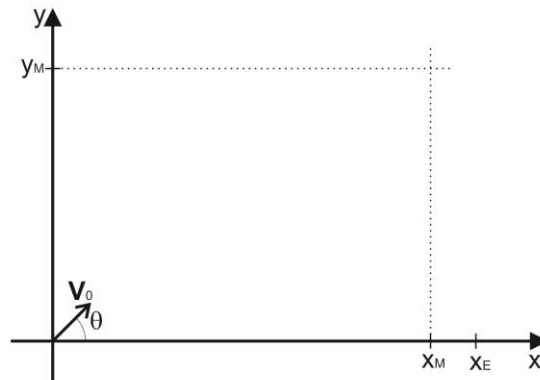
Inciso		puntaje
a)	Cuerpo 1. 	0.50
	Cuerpo 2. 	0.50
b)	Cuerpo 1. $T - m_1 g = -m_1 a$	2.00
	Cuerpo 2. En la dirección x) $T - F_R - m_2 g \sin 30 = m_2 a$ En la dirección y) $N - m_2 g \cos 30 = 0$	2.00
c)	$T=48\text{N}$	1.00
d)	$F_R=20\text{N}$	2.00
e)	$\mu_d = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735$	2.00

Problema Teórico 3**Hoja de respuestas.**

Inciso		puntaje
a)	$v_A = 5 \text{ m s}^{-1}$	1.50
b)	$\Delta x = 0.2 \text{ m}$	1.50
c)	$v = 4 \text{ m s}^{-1}$ hacia la derecha	1.50
d)	$v_B = 6.325 \text{ m s}^{-1}$	1.00
	$v_C = 5.196 \text{ m s}^{-1}$	1.00
e)	El bloque no alcanza la elevación h_1 . La altura h a la cual llega el bloque es de 0.7m.	3.50

Problema 1:

a.



Sistema de coordenada en la posición del barco enemigo con $x_M=2500$ m posición de la montaña, $y_M=1800$ m altura de la montaña y $x_E=2800$ m posición de la costa este de la isla. $\theta=45^\circ$ es el ángulo de disparo.

$$a_x = 0$$
$$a_y = -g = -10 \text{ m s}^{-2}$$

$$v_x(t) = v_0 \cos(\theta) = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 = 0.7071 v_0$$

$$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) - gt = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 - 10 \text{ m s}^{-2} t = 0.7071 v_0 - 10 \text{ m s}^{-2} t$$

$$x(t) = v_0 \cos(\theta) t = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t = 0.7071 v_0 t$$

$$y(t) = v_0 \sin(\theta) t - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t - 5 \text{ m s}^{-2} t^2 = 0.7071 v_0 t - 5 \text{ m s}^{-2} t^2$$

b.

Como $x = v_0 \cos(\theta) t$ entonces,

$$t = \frac{x}{v_0 \cos(\theta)}$$

Reemplazando t en y(t)

$$y(x) = \tan(\theta)x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos(\theta)^2} = x - \frac{10 \text{ m s}^2}{v_0^2} x^2$$

c. Dado que $v_0 = 720 \text{ km h}^{-1} = 200 \text{ m s}^{-1}$ entonces,

$$y(x) = x - 2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-2} x^2$$

Para que el proyectil supere la montaña es necesario que la trayectoria cumpla que,

$$y_M > y(x_M)$$

Como $y(x_M) = 937.5 \text{ m} < 1800 \text{ m} = y_M$ el proyectil no supera la montaña y choca a una altura (respecto del nivel del agua) de 937.5 m.

d. La velocidad mínima $v_{\min}$ necesaria para que el proyectil es aquella en la cual la trayectoria cumple,

$$y_M = x_M - \frac{g}{v_{\min}^2} x_M^2$$

Despejando se obtiene que

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{gx_M^2}{x_M - y_M}} = 298.807 \text{ m s}^{-1}$$

e. La distancia más cercana a la orilla este a la cual un proyectil puede impactar está dado por las raíces de la trayectoria obtenida utilizando la velocidad mínima determinada en el punto anterior,

$$y(x) = x - \frac{g}{v_{\min}^2} x^2 = x \left(1 - \frac{g}{v_{\min}^2} x \right) = x(1 - 1.12 \times 10^{-4} x)$$

Las raíces x_1 y x_2 son

$$\begin{aligned} x_1 &= 0 \text{ m} \\ x_2 &= 8928.571 \text{ m} \end{aligned}$$

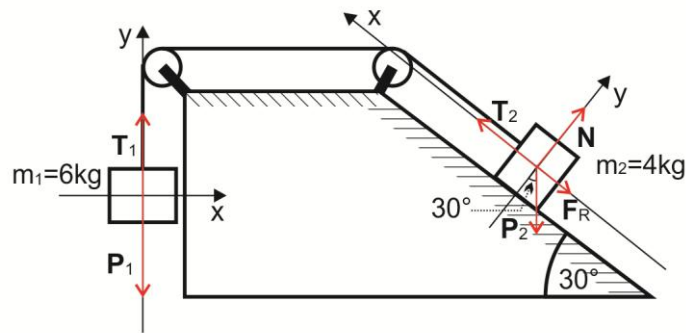
x_1 corresponde a la posición del barco enemigo y x_2 a la distancia a la cual el proyectil impacta en el agua.

Entonces el rango de distancia medida desde la orilla este es,

$$[0; 6128.571] \text{ m}$$

Problema 2:

a.



b.

Cuerpo 1.

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_1 = m_1 \vec{a}_1$$

Según el sistema de coordenada elegido para el cuerpo 1

$$T_1 - m_1 g = -m_1 a$$

Cuerpo 2.

$$\vec{T}_2 + \vec{P}_2 + \vec{F}_R + \vec{N} = m_2 \vec{a}_2$$

Según el sistema de coordenada elegido para el cuerpo 2

En la dirección x)

$$T_2 - F_R - m_2 g \sin 30 = m_2 a$$

En la dirección y)

$$N - m_2 g \cos 30 = 0$$

Como la cuerda no tiene masa y no hay fricción en las poleas,

$$T_1 = T_2 = T$$

c.

De la ecuación de movimiento del cuerpo 1

$$T = m_1(g - a) = 48 \text{ N}$$

d.

De la ecuación de movimiento en la dirección x) del cuerpo 2

$$F_R = T - m_2(a + g \sin 30) = 20 \text{ N}$$

e. Como

$$F_R = \mu_d N$$

De la ecuación de movimiento en la dirección y) del cuerpo 2

$$N = m_2 g \cos 30$$

Luego

$$\mu_d = \frac{F_R}{N} = \frac{T - m_2(a + g \sin 30)}{m_2 g \cos 30} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Problema 3:

a. La energía inicial del sistema es

$$E_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1 = 4J$$

Por conservación de energía

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_2 = 4J$$

$$v_A = 5 \text{ m s}^{-1}$$

b. Por conservación de energía, cuando el resorte se comprimió totalmente se debe cumplir que

$$E_R = \frac{1}{2}k_1x^2 + mgh_2 = 4J$$

$$x = 0.2 \text{ m}$$

c. Por conservación de energía, la velocidad del bloque en la loma tiene igual magnitud pero dirección contraria a la velocidad inicial,

$$v = 4 \text{ m s}^{-1}$$

d. Por conservación de energía hasta el punto B

$$E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 = 4J$$

$$v_B = 6.325 \text{ m s}^{-1}$$

Entre los puntos B y C hay roce dinámico por lo cual no se conserva la energía en ese tramo. El módulo de la fuerza de roce es,

$$F_R = \mu_d N = \mu_d mg$$

La pérdida de energía es,

$$W = -F_R L = -\mu_d mgL = -1.3J$$

$$W = E_C - E_B = \frac{1}{2}mv_C^2 - 4J$$

$$v_C = 5.196 \text{ m s}^{-1}$$

e.

La energía se conserva desde C hasta el resorte y desde el resorte a C. Al pasar por el tramo entre los puntos C y B, el bloque pierde la misma energía -1.3J que cuando recorrió el tramo la primera vez, por lo cual en el punto B la energía del bloque es,

$$E_B = 4J - 1.3J - 1.3J = 1.4J$$

La mínima energía para alcanzar la elevación h_1 es,

$$E_{min} = mgh_1 = 2.4J$$

Por lo tanto, el bloque no alcanza la elevación h_1 . La altura h a la cual llega el bloque es,

$$E_B = mgh = 1.4J$$

$$h = 0.7m$$

Prueba Experimental

Hoja de respuestas.

Puntos 1 a 7.

Por cada medición: 1.50 ptos.

#Medición	D [cm]	d [cm]	D' [cm]	d' [cm]	M [g]
1	1.8	12.2	4.1	9.9	18.7
2	1.6	10.4	3.5	8.5	19.4
3	1.7	11.3	3.8	9.2	19.0
4	1.5	9.5	3.3	7.7	18.5
5	1.4	8.6	3.0	7.0	18.8
6	1.2	7.8	2.7	6.3	18.2
7	1.1	6.9	2.4	5.6	18.6
8	1.0	6.0	2.1	4.9	19.1
9	0.8	5.2	1.8	4.2	18.2
10	0.7	4.3	1.5	3.5	18.8

Punto 8:

5.00 ptos.

$$M = \bar{M} \pm \frac{s}{\sqrt{10}} = (18.7 \pm 0.1)g$$

SOLUCION

#Medición	D [cm]	D [cm]	D' [cm]	d' [cm]	M [g]
1	1.8	12.2	4.1	9.9	18.7
2	1.6	10.4	3.5	8.5	19.4
3	1.7	11.3	3.8	9.2	19.0
4	1.5	9.5	3.3	7.7	18.5
5	1.4	8.6	3.0	7.0	18.8
6	1.2	7.8	2.7	6.3	18.2
7	1.1	6.9	2.4	5.6	18.6
8	1.0	6.0	2.1	4.9	19.1
9	0.8	5.2	1.8	4.2	18.2
10	0.7	4.3	1.5	3.5	18.8

Las distancias se miden con 1 mm de incertidumbre y la masa de agua con 0.2 g si la jeringa tiene 5 subdivisiones por cada cm³

$$\bar{M} = \sum_i M_i = 18.73 \text{ g}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (M_i - \bar{M})^2}{N}} = 0.36 \quad \text{con } N = 10$$

$$M = \bar{M} \pm \frac{s}{\sqrt{10}} = (18.7 \pm 0.1) \text{ g}$$

Otra opción es asociar una incertidumbre igual al ancho del intervalo de masas determinadas dividido 2. En este caso:

$$\epsilon = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{2} = 0.6 \text{ g}$$

$$M = (18.7 \pm 0.6) \text{ g}$$