

Actividades Tema 7 Fuerzas y movimiento. Las leyes de la Dinámica

Pág. 157	nº 3 y <u>4</u>
Pág. 158	nº <u>5</u>
Pág. 159	nº <u>8</u>
Pág. 160	nº <u>11</u>
Pág. 161	nº <u>12</u>
Pág. 162	nº <u>13</u>
Pág. 163	nº <u>14</u>
Pág. 164	nº <u>16</u>
Pág. 165	nº <u>17</u>
Pág. 166	nº <u>18</u>
Pág. 168	nº <u>19</u>

PRACTICA

Pag 171	nº <u>25</u> , <u>28</u> , 30, <u>36</u> y <u>38</u>
Pag 172	nº <u>41</u> , <u>46</u> , <u>48</u> , 52, y <u>53</u>
Pag 173	nº 54, <u>55</u> , <u>56</u> , <u>58</u> , 60 y <u>61</u>

APLICA LO APRENDIDO

Pag 173	nº <u>62</u>
---------	--------------

Se corregirán preferentemente las actividades subrayadas y en negrita.

Actividades Unidad

3. ¿Verdadero o falso? Justifica tus respuestas de acuerdo con las leyes estudiadas:

- Si un cuerpo se mueve, es porque sobre él actúa, al menos, una fuerza. Falso.** Puede moverse con movimiento rectilíneo y uniforme sin que actúe ninguna fuerza sobre él.
- Si un cuerpo acelera, se debe a que sobre él actúa, al menos, una fuerza. Verdadero.** La fuerza resultante debe ser distinta de cero, lo que significa que actúa por lo menos una fuerza sobre él.
- La aceleración producida por una fuerza solo depende del valor de esa fuerza. Falso.** También depende de la masa del sistema o cuerpo sobre el que actúa.

4. Calcula, aplicando la ley de Newton y despejando cuando sea necesario:

- La fuerza que produce una aceleración de $0,5 \text{ m/s}^2$ a un cuerpo de 24 kg .
- La aceleración que sufre un objeto de 800 g por acción de una fuerza de $1,6 \text{ N}$.
- La masa de un cuerpo que experimenta una aceleración de 4 cm/s^2 cuando se le aplica una fuerza de $0,8 \text{ kN}$.

Realizamos los cálculos usando la segunda ley, $F = m \cdot a$:

- $F = m \cdot a = 24 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 = 12 \text{ N}$
- $F = m \cdot a \rightarrow a = F/m = 1,6 \text{ N}/0,8 \text{ kg} = 2 \text{ m/s}^2$ (la masa debe expresarse en kg, de modo que $800 \text{ g} = 0,8 \text{ kg}$).
- $F = m \cdot a \rightarrow m = F/a = 800 \text{ N}/0,04 \text{ m/s}^2 = 20000 \text{ kg}$ (la fuerza debe ponerse en N y la aceleración en m/s^2 : $4 \text{ kN} = 4000 \text{ N}$; $4 \text{ cm/s}^2 = 0,04 \text{ m/s}^2$).

5. ¿Podemos hacer estas afirmaciones sobre una pesa de 200 g ? Justifica tus respuestas.

- Pesa $0,2 \text{ kg}$. No,** lo correcto sería decir «su masa es de $0,2 \text{ kg}$ », pues el kg es una unidad de masa, no de peso.
- Al aplicarle una fuerza de 30 N , adquiere una aceleración de 150 m/s^2 .** Sí, si hacemos los cálculos por la segunda ley, veremos que ese es el valor de la aceleración adquirida ($a = F/m = 30 \text{ N} / 0,2 \text{ kg} = 150 \text{ m/s}^2$).
- Su peso es de 2 N , aproximadamente. Sí;** el peso, que es una fuerza, se obtiene multiplicando la masa por la aceleración de la gravedad, y el resultado en este caso está próximo a 2 N ($P = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,96 \text{ N}$).
- Si se mueve con velocidad constante, no actúa ninguna fuerza y su peso, por lo tanto, es cero.** No, si se mueve con velocidad constante, significa que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la pesa es cero, no que su peso tenga que valer cero.

8. Si inflamos un globo y lo soltamos sin anudarlo, sale despedido y describe un rápido movimiento hasta desinflarse. ¿Tiene que ver este hecho con la tercera ley de la Dinámica?

Sí. El aire en el interior del globo se encuentra sometido a una presión determinada. Al soltar el globo, el aire es liberado rápidamente cuando el globo, que es elástico, tiende a recuperar su tamaño original y ejerce una fuerza sobre él. A su vez, el aire ejerce la misma fuerza como reacción sobre el globo, produciendo el característico movimiento.

11. Una máquina tiene que arrastrar un bloque de acero de 2 kg de masa sobre una superficie cuyo coeficiente de rozamiento vale 0,4. ¿Qué fuerza mínima debe realizar? Razona los pasos que sigues para calcularla.

Para poder mover el bloque, la fuerza mínima que debe realizarse debe ser la suficiente como para vencer la fuerza de rozamiento. De acuerdo con esto, calculamos en primer lugar el valor de la fuerza normal y, a partir de esta, la fuerza de rozamiento, que determina el valor de esta fuerza mínima necesaria para mover el bloque:

$$N = P = m \cdot g = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 19,6 \text{ N}$$

Como el coeficiente de rozamiento es de 0,4, tenemos:

$$F_{roz} = \mu \cdot N = 0,4 \cdot 19,6 \text{ N} = 7,84 \text{ N}$$

12. Un móvil gira a una velocidad de 5 m/s a 2 m del centro de giro.

a) Calcula su aceleración centrípeta.

b) Si su masa es de 8 kg, ¿qué fuerza centrípeta está actuando sobre él?

c) Si pudiéramos viajar en el móvil, ¿qué fuerza centrífuga notaríamos?

a) Aplicamos la fórmula que nos da la aceleración centrípeta:

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(5 \text{ m/s})^2}{2 \text{ m}} = 12,5 \text{ m/s}^2$$

b) Con la aceleración calculada y la masa, obtenemos la fuerza centrípeta:

$$F_c = m \cdot a_c = 8 \text{ kg} \cdot 12,5 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$$

c) Notaríamos una fuerza centrífuga exactamente igual que la fuerza centrípeta, es decir, de 100 N.

13. Un problema de Dinámica tiene el siguiente enunciado: «Un objeto de 2,5 kg se encuentra en reposo sobre una mesa horizontal. Empujamos este

cuerpo con una fuerza de 20 N. Si despreciamos la fuerza de rozamiento, ¿qué velocidad alcanzará en 3 s?».

a) **Analiza el enunciado, indicando los datos que nos dan y los datos que nos piden.** El enunciado del ejercicio proporciona datos numéricos sobre la situación planteada, como son los siguientes:

- La masa del objeto es igual a 2,5 kg.
- El cuerpo es empujado con una fuerza de 20 N.

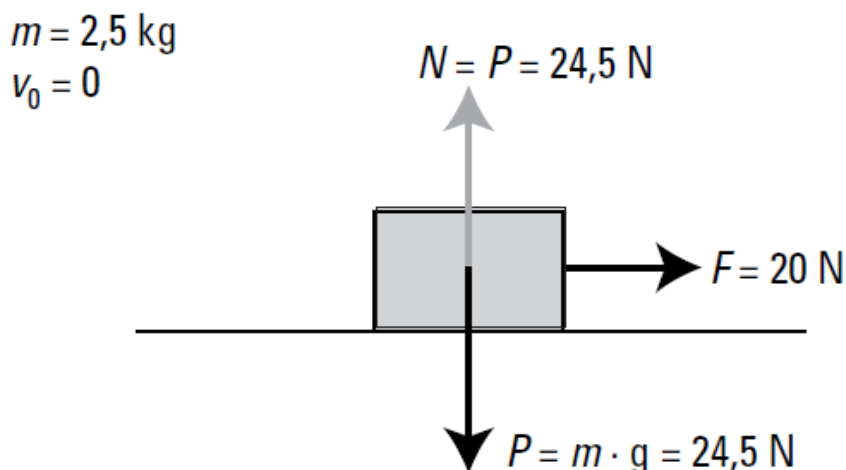
Pero al mismo tiempo se nos proporcionan otros datos, que, aunque no indican su valor expresamente, sí se sobreentienden al realizar una interpretación adecuada de los mismos:

- El objeto está inicialmente en reposo: su velocidad inicial es cero.
- La mesa es horizontal: el cuerpo se moverá, pues, horizontalmente.
- Se desprecia la fuerza de rozamiento: el valor de la fuerza de rozamiento es cero.

Con estos datos, debemos calcular la velocidad que adquirirá el objeto a los tres segundos, contados desde que se inició el movimiento.

b) **Representa el diagrama de cuerpo libre correspondiente. ¡No olvides incluir todas las fuerzas que actúan sobre el objeto!**

Si representamos los datos, indicando las fuerzas que actúan sobre el objeto, tendremos lo siguiente:



c) ¿Qué fuerza resultante tenemos? ¿En qué ley debemos basar el planteamiento? En la dirección **vertical**, las fuerzas están **compensadas**, pues el **peso** y la **normal** son dos fuerzas iguales en módulo, pero de sentido contrario. En la dirección **horizontal**, la única fuerza que actúa es la **fuerza impulsora** de 20 N, por lo que esta es la que determina el valor de la fuerza

resultante. Al ser una resultante distinta de cero, debemos basarnos en la **segunda ley**.

- d) **¿Qué resultado debemos esperar, de acuerdo con la situación física descrita?** Como el objeto parte inicialmente del reposo, y sobre él actúa una fuerza resultante distinta de cero, adquirirá un **movimiento uniformemente acelerado**, de modo que la velocidad irá aumentando progresivamente con el tiempo. Debemos esperar, pues, que la **velocidad** calculada sea **distinta de cero**.

14. Un cajón de 80 kg de masa es arrastrado por el suelo con una fuerza de 1000 N, en la dirección y sentido del movimiento. Considerando que el coeficiente de rozamiento entre el cajón y el suelo es 0,8, calcula la aceleración del cajón.

En la dirección del movimiento, las fuerzas que actúan sobre el objeto son la fuerza impulsora de 1 000 N, y la fuerza de rozamiento, contraria al movimiento. Calculamos el valor de la resultante y, por aplicación de la 2.^a ley, el valor de la aceleración, conocida la masa del objeto, que es 80 kg.

$$F_{roz} = \mu \cdot m \cdot g = 0,8 \cdot 80 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 627,2 \text{ N}$$

$$F_R = F - F_{roz} = 1000 \text{ N} - 627,2 \text{ N} = 372,8 \text{ N}$$

$$a_c = \frac{F_R}{m} = \frac{372,8 \text{ N}}{80 \text{ kg}} = 4,66 \text{ m/s}^2$$

16. En un puerto están realizando labores de carga y descarga de los barcos que se encuentran atracados. Para levantar una carga de 2400 kg, la grúa ejerce sobre el cable que la sujeta una fuerza de 23800 N. ¿Con qué aceleración se levanta la carga del suelo al accionar la grúa?

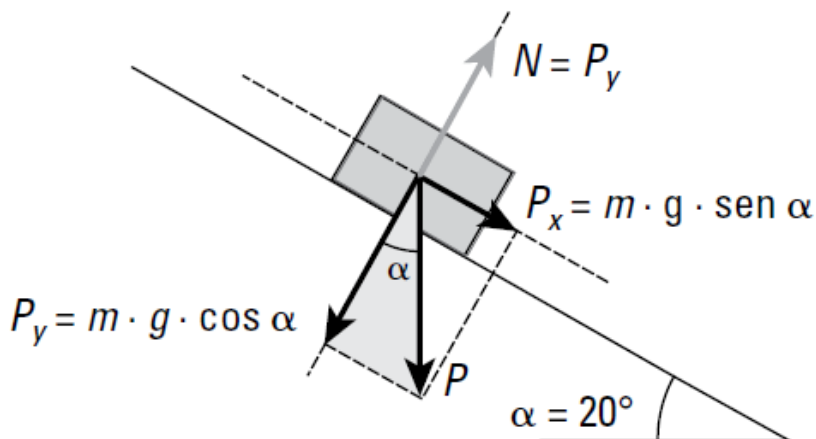
Sobre la carga actúan dos fuerzas en la dirección del movimiento: su peso, igual a 23520 N, y la tensión del cable, igual a 23800 N. A priori, vemos que la resultante será distinta de cero, y, como la tensión es mayor que el peso, el movimiento será ascendente.

$$F_R = T - p = 28000 \text{ N} - 23520 \text{ N} = 280 \text{ N}$$

$$a_c = \frac{F_R}{m} = \frac{280 \text{ N}}{2400 \text{ kg}} = 0,12 \text{ m/s}^2$$

17. Calcula la aceleración con la que se desliza un objeto de 4 kg por una rampa que forma 20° con la horizontal en los siguientes casos:

a) **No existe rozamiento.** En el primer caso, cuando no existe rozamiento, la única fuerza que actúa sobre el cuerpo en la dirección del movimiento es la componente del peso paralela al plano.



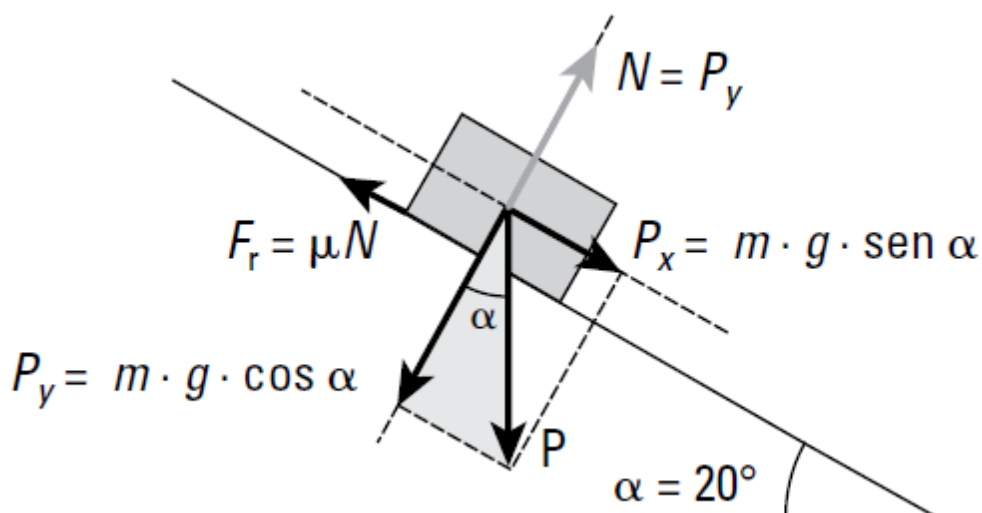
$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 20^\circ = 13,4 \text{ N}$$

$$F_R = F_{\text{favor}} - F_{\text{contra}} = P_x = 13,4 \text{ N}$$

Aplicando la 2ª ley:

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{13,4 \text{ N}}{4 \text{ kg}} = 3,4 \text{ m/s}^2$$

b) **El coeficiente de rozamiento vale 0,2.** En este segundo caso, como existe rozamiento, además de la componente del peso en la dirección paralela al plano, hay que considerar la fuerza de rozamiento, contraria al movimiento del objeto sobre el plano inclinado:



$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha = 0,2 \cdot 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{cos } 20^\circ = 7,4 \text{ N}$$

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 20^\circ = 13,4 \text{ N}$$

$$F_R = F_{\text{favor}} - F_{\text{contra}} = P_x - F_{\text{roz}} = 13,4 \text{ N} - 7,4 \text{ N} = 6 \text{ N}$$

Aplicando la 2ª ley:

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{6 \text{ N}}{4 \text{ kg}} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

c) El coeficiente de rozamiento es 0,5. Si el coeficiente de rozamiento entre el plano y el objeto aumenta a 0,5, el valor de la fuerza de rozamiento también aumentará. En este caso:

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 20^\circ = 18,4 \text{ N}$$

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 20^\circ = 13,4 \text{ N}$$

La **fuerza de rozamiento** es **mayor** que la **componente del peso** en la dirección **paralela al plano**, p_x , por tanto, no es posible vencer esta fuerza de rozamiento, y el objeto permanece en reposo sobre el plano al soltarlo.

18. Se coloca un objeto de 3 kg de masa sobre una superficie que gira circularmente a una velocidad de 1,8 m/s, en un punto situado a una distancia de 80 cm del centro de giro. Considerando un coeficiente de rozamiento entre el objeto y la superficie de 0,45, ¿se mantendrá este objeto en la posición que se ha colocado, o saldrá despedido? Justifica tu respuesta mediante los cálculos necesarios.

Al estar girando, las fuerzas que actúan sobre el objeto en la dirección del radio de giro son la fuerza centrífuga y la fuerza de rozamiento, que en este caso actúa como fuerza centrípeta. Considerando en este caso que la masa del objeto es de 3 kg, tendremos:

$$F_R = \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{4 \text{ kg} \cdot (1,8 \text{ m/s})^2}{0,8 \text{ m}} = 12,15 \text{ N} = 12,5 \text{ N}$$

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g = 0,45 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 13,23 \text{ N}$$

La fuerza centrífuga no es suficiente como para vencer la fuerza de rozamiento que mantiene al objeto en la posición en la que se encuentra, por tanto, el objeto se mantendrá en esa misma posición durante el giro, y no saldrá despedido hacia el exterior de la trayectoria.

19. Una bola de 2 kg de masa, que se mueve a la velocidad de 6 m/s, choca contra otra bola de 5 kg de masa que se mueve en sentido contrario hacia ella con una velocidad de 1 m/s. Si, tras el choque, la primera bola sale

despedida con una velocidad de 4,2 m/s, ¿qué velocidad habrá adquirido la bola de 5 kg?

Para comenzar, debemos considerar que las cantidades de movimiento de cada una de las bolas antes del impacto y la cantidad de movimiento total son:

$$\begin{cases} p_1 = m_1 \cdot v_1 & \Rightarrow & p_1 = 2 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m/s} = 12 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \\ p_2 = m_2 \cdot v_2 & \Rightarrow & p_2 = 5 \text{ kg} \cdot (-1 \text{ m/s}) = -5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \end{cases}$$

$$p = p_1 + p_2 = 7 \text{ kg}$$

Después del choque, las bolas cambian el sentido de su movimiento, de modo que ahora debe considerarse negativa la velocidad de la bola de 2 kg, que es de 4,2 m/s. Como debe conservarse la cantidad de movimiento total, llamando v'_1 y v'_2 a las velocidades tras el choque, tendremos:

$$p = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 \rightarrow 7 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -2 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ m/s} + 5 \text{ kg} \cdot v'_2$$

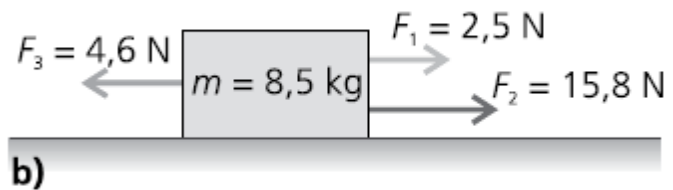
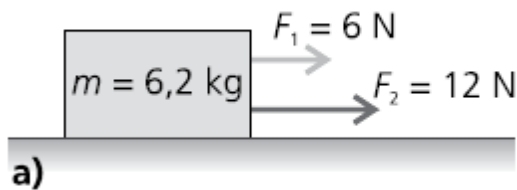
$$v'_2 = \frac{7 \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 8,4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{5 \text{ kg}} = 3,08 \text{ m/s}$$

PRACTICA

25. ¿Son correctos estos enunciados? Explica tus respuestas, rehaciendo los que sean incorrectos.

- Siempre que existe rozamiento, no se cumplen las condiciones de la primera ley. *Incorrecto***, pues la condición que establece la primera ley es que la fuerza **resultante** de todas las que actúan sea **cero**. Puede haber una fuerza de rozamiento y una fuerza impulsora actuando simultáneamente, siempre que sean iguales, pero de sentido contrario. Diremos pues: «**El que exista una fuerza de rozamiento, no significa que no se pueda cumplir la primera ley**».
- Por su inercia, un objeto siempre tiende a permanecer en reposo. *Incorrecto***, pues **también** tiende a **mantener su velocidad constante**, si ya se encuentra en movimiento. Debemos decir: «**Por su inercia, un objeto tiende a permanecer en reposo o a desplazarse con movimiento uniforme, según sea el caso**».
- Si solo actúa una fuerza sobre un cuerpo, es imposible que su movimiento sea rectilíneo y uniforme. *Correcto***, si solo **actúa una fuerza** sobre el cuerpo, de acuerdo con el primer principio no podrá describir un movimiento rectilíneo y uniforme, dado que la **resultante no puede ser cero**.

28. Calcula el valor de la aceleración del movimiento en cada uno de los siguientes casos:



En ambos casos, la aceleración se calcula despejando de la 2ª. ley:

a) $F_R = F_{favor} - F_{contra} = F_1 + F_2 = 6\text{ N} + 12\text{ N} = 18\text{ N}$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{18\text{ N}}{6,2\text{ kg}} = 2,9\text{ m/s}^2$$

b) $F_R = F_{favor} - F_{contra} = F_1 + F_2 - F_3 = 2,5\text{ N} + 15,8\text{ N} - 4,6\text{ N} = 13,7\text{ N}$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{13,7\text{ N}}{8,5\text{ kg}} = 1,6\text{ m/s}^2$$

30. Un objeto de 1 400 g de masa se mueve bajo la acción de una fuerza constante con una aceleración de 0,5 m/s², sobre una superficie horizontal sin rozamiento. Suponiendo que el objeto partió del reposo, calcula:

a) **El valor de la fuerza.** Sobre el objeto solo actúa una fuerza (F) en la dirección del movimiento, dado que no existe rozamiento, por lo que esta es la que determina el valor de la resultante. Por su parte, como conocemos la masa y la aceleración del objeto, podemos calcular la fuerza que actúa sobre él aplicando el 2º. principio:

$$F_R = F = m \cdot a \rightarrow F_R = 1,4\text{ kg} \cdot 0,5\text{ m/s}^2 = 0,7\text{ N}$$

b) **La velocidad cuando han transcurrido 10 s.** Considerando que partió del reposo ($v_0 = 0$), y que el movimiento es uniformemente acelerado, podemos calcular su velocidad a los 10 s sin más que aplicar la ecuación de velocidad de este tipo de movimiento:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v = a \cdot t = 0,5\text{ m/s}^2 \cdot 10\text{ s} = 5\text{ m/s}$$

36. Indica los factores de los que depende la fuerza de rozamiento en el caso de un objeto que se desplaza horizontalmente, y calcula la fuerza de

rozamiento al arrastrar un cuerpo de 750 g de masa sobre una superficie si $\mu = 0,4$.

La fuerza de rozamiento depende de la **mayor o menor rugosidad** entre las **superficies** de contacto y de la **fuerza perpendicular (normal, N)** que actúa sobre la superficie de apoyo. En el caso de un **movimiento horizontal**, si no hay fuerzas adicionales en la dirección vertical, la fuerza de rozamiento depende del **peso** del objeto y del **coeficiente de rozamiento** entre el objeto y la superficie.

Para un cuerpo de 750 g = 0,75 kg de masa que se desliza sobre una superficie cuyo coeficiente de rozamiento $\mu = 0,4$, la fuerza de rozamiento será:

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 2,94 \text{ N}$$

38. Un objeto de masa m experimenta una fuerza de rozamiento determinada. Indica qué ocurre con la fuerza de rozamiento si:

- a) **Se duplica la masa del objeto. Se duplicará** en consecuencia la **fuerza de rozamiento**, porque es directamente proporcional al valor de la masa.
- b) **Se cambia de posición el objeto, de forma que aumente la superficie de apoyo.** En la fuerza de rozamiento solo influyen el coeficiente de rozamiento y las fuerzas que actúan perpendicularmente. Si cambia el tamaño de la superficie de apoyo, **no se afectará el valor de la fuerza de rozamiento**, siempre que el objeto sea el mismo.

41. En un parque de atracciones, un grupo de amigos está montado en un tiovivo de columpios que los hace girar a una velocidad constante de 5 m/s. Considerando que el diámetro de la atracción es de 6 m, contesta las siguientes preguntas:

- a) **¿Por qué los columpios se separan de la verticalidad?** Debido al movimiento circular que describen los chicos en la atracción, experimentan una **fuerza centrípeta** dirigida perpendicularmente a la trayectoria, y **hacia el centro** de la misma. Pero **al mismo tiempo** actúa una fuerza de inercia a esta fuerza centrípeta, la **fuerza centrífuga**, de igual módulo y dirección, pero de sentido contrario, es decir, **hacia el exterior**.
- b) **¿Cuál es el valor de la fuerza centrípeta que experimenta una chica de masa 54 kg?** El valor de la fuerza centrípeta se calcula considerando la masa de la chica (54 kg), su velocidad lineal (5 m/s) y el radio de la trayectoria (3 m):

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = 54 \text{ kg} \cdot \frac{(5 \text{ m/s})^2}{23 \text{ m}} = 450 \text{ N}$$

46. Un cuerpo de 2,4 kg de masa se desliza bajo la acción de una fuerza impulsora de 12 N sobre una superficie horizontal cuyo coeficiente de rozamiento es $\mu = 0,3$. Halla:

- a) La aceleración del movimiento.** Se dispone de la masa del objeto y del coeficiente de rozamiento de la superficie sobre la que desliza, además de la fuerza impulsora. Con estos datos, calculamos en primer lugar la fuerza de rozamiento, y, a continuación, la fuerza resultante que actúa sobre el objeto y la aceleración con que se mueve:

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,3 \cdot 2,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 7,1 \text{ N}$$

$$F_R = F_{favor} - F_{contra} = F - F_{roz} = 12 \text{ N} - 7,1 \text{ N} = 4,9 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F_R}{m} = \frac{4,9 \text{ N}}{2,4 \text{ kg}} = 2,04 \text{ m/s}^2$$

- b) El tiempo que tardará el objeto en alcanzar una velocidad de 10 m/s, suponiendo que partió del reposo.** Considerando que el objeto parte del reposo, $v_0 = 0$, y que su movimiento es uniformemente acelerado, podemos despejar de la ecuación de velocidad:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \rightarrow \quad v = a \cdot t \quad \rightarrow \quad t = \frac{v}{a} = \frac{10 \text{ m/s}}{2,04 \text{ m/s}^2} = 4,9 \text{ s}$$

- c) La posición del objeto a los 10 s de iniciado el movimiento, con respecto al punto de partida.** Del mismo modo, utilizando la ecuación de posición, y teniendo en cuenta que $x_0 = 0$ y $v_0 = 0$, a los 10 s se encontrará a 100 m del punto tomado como referencia:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ m/s}^2 \cdot (10 \text{ s})^2 = 100 \text{ m}$$

48. Se lanza horizontalmente un borrador sobre el suelo con una velocidad de 4 m/s. Sabiendo que la masa del borrador es 280 g y que el coeficiente de rozamiento con el suelo es 1,2, calcula:

- a) La aceleración del movimiento.** Desde que se deja en libertad, sobre el borrador solo actúa la fuerza de rozamiento, contraria al movimiento, que hace que finalmente se detenga por completo. Aplicando el 2º principio, y sabiendo que la fuerza de rozamiento se calcula con los datos de masa y coeficiente de rozamiento, podemos calcular el valor de la aceleración:

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 1,2 \cdot 0,28 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 3,3 \text{ N}$$

$$F_R = F_{favor} - F_{contra} = -F_{roz} = -3,3 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{-3,3 \text{ N}}{0,28 \text{ kg}} = -11,8 \text{ m/s}^2$$

La aceleración es negativa como corresponde a un movimiento uniformemente retardado.

b) El tiempo que tardará en detenerse por completo. El tiempo que el borrador tarda en detenerse se puede calcular despejando de la ecuación de velocidad de este tipo de movimiento:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + a \cdot t \rightarrow v - v_0 = a \cdot t \rightarrow \\ \rightarrow t &= \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 4 \text{ m/s}}{-11,8 \text{ m/s}^2} = 0,34 \text{ s} \end{aligned}$$

c) La distancia que recorre desde el lanzamiento hasta que se detiene. La distancia recorrida coincidirá con su posición respecto al punto de lanzamiento, que se toma como punto de referencia:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$x = 0 \text{ m} + 4 \text{ m/s} \cdot 0,34 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot (-11,8 \text{ m/s}^2) \cdot (0,34 \text{ s})^2 = 0,68 \text{ m}$$

52. Un globo aerostático experimenta una fuerza vertical hacia arriba de 3400 N, debida al aire caliente contenido en su interior. Sabiendo que la masa del globo es de 360 kg, calcula:

a) El tipo de movimiento que lleva el globo. ¿Cuánto vale su aceleración?

Para poder saber el tipo de movimiento del globo, es necesario calcular la resultante de las fuerzas que actúan sobre él en la dirección vertical, para lo cual hemos de considerar su peso ($P = 3528 \text{ N}$) y la fuerza ascendente ($F = 3400 \text{ N}$). Como el peso es mayor que la fuerza ascendente, el globo desciende con un movimiento acelerado:

$$F_R = F_{favor} - F_{contra} = P - F_{asc} = 3528 \text{ N} - 3400 \text{ N} = 128 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{128 \text{ N}}{360 \text{ kg}} = 0,36 \text{ m/s}^2$$

b) La masa de lastre que deberá soltar el piloto para que el globo se mueva con movimiento uniforme. Para que el globo se mueva a velocidad constante en su descenso, se han de igualar la fuerza ascendente y el peso.

Si el piloto decide modificar el peso soltando lastre, el globo deberá quedar con la siguiente masa:

$$P = F_{asc}$$

$$m = \frac{F_{asc}}{g} = \frac{3400 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 347 \text{ kg}$$

Basta con que el piloto **libere 13 kg**, para **reducir la masa** del globo desde 360 kg hasta **347 kg**, aunque **normalmente** lo que se hace es **actuar** sobre la **fuerza ascendente, calentando o enfriando el aire** contenido en el globo.

53. Una pelota de 600 g de masa y 18 cm de diámetro se sumerge en el agua hasta una profundidad de 1 m. Al soltarla, asciende verticalmente hacia la superficie.

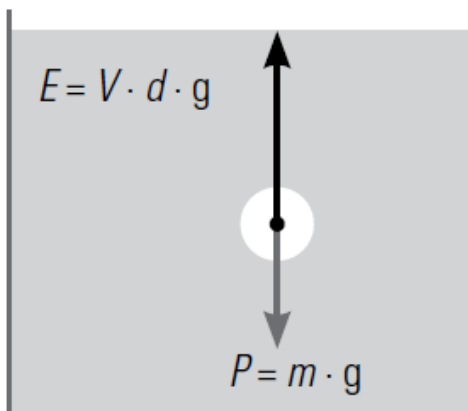
a) **¿Podemos decir que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la pelota es cero? No.** La **resultante** de las fuerzas que actúan sobre la pelota en la dirección vertical es **distinta de cero**, pues al soltarla comienza a ascender, lo cual indica que adquiere un movimiento acelerado, de acuerdo con el segundo principio.

b) **¿Cuál es el valor de la fuerza de empuje que experimenta la pelota? Recuerda la fórmula estudiada para el cálculo de esta fuerza.** Para calcular el empuje que experimenta la pelota, es necesario primero realizar el cálculo de su volumen, y considerar que la densidad del líquido (agua) en el que se sumerge es 1000 kg/m³:

$$V_{pelota} = \frac{4 \pi R^3}{3} = \frac{4 \pi (0,09 \text{ m})^3}{3} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$E = V_{sumergido} \cdot d_{líquido} \cdot g = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 30,4 \text{ N}$$

c) Dibuja el diagrama de cuerpo libre correspondiente a esta situación.



d) ¿Con qué aceleración asciende la pelota? La aceleración del movimiento de ascenso viene dada por la segunda ley, considerando que las fuerzas implicadas son el empuje (E) como fuerza impulsora, y el peso (P) como fuerza contraria al movimiento:

$$P = m \cdot g = 0,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 5,9 \text{ N}$$

$$F_R = F_{\text{favor}} - F_{\text{contra}} = E - P = 30,4 \text{ N} - 5,9 \text{ N} = 24,5 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{24,5 \text{ N}}{0,6 \text{ kg}} = 40,8 \text{ m/s}^2$$

e) ¿Cuánto tiempo tardará la pelota en alcanzar la superficie? Con esta aceleración de ascenso, el tiempo que la pelota tardará en alcanzar la superficie se calculará a partir de la fórmula que relaciona el espacio y el tiempo en un m.r.u.a.:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow t^2 = \frac{2s}{a} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{40,8 \text{ m/s}^2}} = 0,2 \text{ s}$$

54. Calcula la fuerza de rozamiento que actúa sobre un objeto de 2,5 kg de masa que se desliza sobre un plano inclinado 30° , sabiendo que el coeficiente de rozamiento es 0,1. ¿Qué ocurrirá con la fuerza de rozamiento si disminuye la inclinación del plano? ¿Por qué?

Para calcular la fuerza de rozamiento que actúa sobre un cuerpo en un plano inclinado hay que considerar, además del coeficiente de rozamiento, la componente perpendicular del peso, que coincide con la normal, siempre que no actúen otras fuerzas en esta dirección:

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_{roz} = 0,1 \cdot 2,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ = 2,12 \text{ N}$$

Esta **fuerza de rozamiento**, que se opone al movimiento, **se hace mayor** a medida que la **inclinación del plano disminuye**, porque, cuanto menos inclinado está el plano, **es mayor la componente del peso perpendicular** al mismo.

55. Se deja caer un objeto de 100 g por un plano inclinado con un coeficiente de rozamiento de 0,24. La inclinación del plano es de 20°. Calcula:

- a) **El valor de la fuerza de rozamiento.** Se trata de una caída por un plano con rozamiento. Las fuerzas implicadas son la componente del peso en la dirección paralela al plano y la fuerza de rozamiento. El valor de esta última será:

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_{roz} = 0,24 \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 20^\circ = 0,22 \text{ N}$$

- b) **La resultante de todas las fuerzas que actúan en la dirección del movimiento.** La resultante en la dirección del movimiento se obtiene de considerar las dos fuerzas que actúan sobre el cuerpo antes mencionadas:

$$P_x = P \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 20^\circ = 0,34 \text{ N}$$

$$F_R = F_{favor} - F_{contra} = P_x - F_{roz} = 0,34 \text{ N} - 0,22 \text{ N} = 0,12 \text{ N}$$

- c) **La aceleración del objeto.** Despejando de la segunda ley, calculamos la aceleración del movimiento:

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{0,12 \text{ N}}{0,1 \text{ kg}} = 1,2 \text{ m/s}^2$$

- d) **El tiempo que tardará en llegar a la base del plano, sabiendo que recorre 90 cm.** El cálculo del tiempo que tarda el objeto en llegar a la base lo hacemos mediante la fórmula que relaciona el espacio recorrido y el tiempo:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow t^2 = \frac{2s}{a} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \text{ m}}{1,2 \text{ m/s}^2}} = 1,2 \text{ s}$$

56. Por un plano inclinado 30° sin rozamiento, se hace subir un objeto de 0,7 kg de masa aplicándole en la dirección paralela al plano y hacia arriba una fuerza de 4 N. Calcula la aceleración con la que sube.

En este caso, en la dirección del movimiento están actuando dos fuerzas sobre el objeto, una fuerza impulsora que lo hace subir, y la componente paralela al plano del peso, que es contraria al movimiento. Para que el objeto suba, la fuerza impulsora debe ser igual (m.r.u.) o mayor (m.r.u.a.) que la componente del peso. Calcularemos la fuerza resultante, y la aceleración aplicando el 2. principio:

$$P_x = P \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 0,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 30^\circ = 3,4 \text{ N}$$

$$F_R = F_{\text{favor}} - F_{\text{contra}} = F - P_x = 4 \text{ N} - 3,4 \text{ N} = 0,6 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{0,6 \text{ N}}{0,7 \text{ kg}} = 0,9 \text{ m/s}^2$$

57. Calcula la velocidad máxima con la que un coche de 1000 kg de masa puede tomar una curva de 200 m de radio, si la fuerza de rozamiento entre las ruedas y el asfalto en la dirección perpendicular a la carretera es de 1512 N.

La velocidad máxima vendrá determinada en función de la fuerza centrípeta, que coincide con la fuerza de rozamiento. De este modo, despejamos y calculamos el valor de la velocidad:

$$F_c = F_{\text{roz}}$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} = F_{\text{roz}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{\text{roz}} \cdot R}{m}} = \sqrt{\frac{1512 \text{ N} \cdot 200 \text{ m}}{1000 \text{ kg}}} = 17,4 \text{ m/s} = 63 \text{ km/h}$$

En las condiciones descritas, si se supera la velocidad de (17,4 m/s) 63 km/h, el coche derrapará y se saldrá de la carretera.

58. Por una pista circular vertical de 50 cm de diámetro lanzamos un coche de juguete cuya masa es de 270 g, a una velocidad de 1 m/s.

a) **¿Qué condición se ha de cumplir, en el punto más alto de la pista, para que el coche complete el giro?** En el punto más alto actúan en la dirección vertical sobre el coche la **fuerza centrífuga**, hacia el **exterior**, y el **peso** (que tiende a hacer que el coche caiga). El coche de juguete podrá completar el giro si ambas fuerzas son, **al menos, iguales**, o siempre que la **fuerza centrífuga** sea **mayor** que el **peso**.

b) **¿Cuál es el valor de la fuerza centrípeta que experimenta el coche en ese punto?** La fuerza centrípeta sobre el coche de juguete es su propio peso:

$$F_c = P = m \cdot g = 0,27 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 2,6 \text{ N}$$

c) ¿Qué valor debe tener la fuerza centrífuga en ese mismo punto? La **fuerza centrífuga** debe tener, **al menos**, el **mismo valor** que el **peso**.

d) Considerando que durante todo el recorrido el coche de juguete mantiene su velocidad constante, ¿logrará completar con éxito el giro o, por el contrario, se caerá al pasar por el punto más alto? Calculamos la fuerza centrífuga, para comprobar si se cumple la condición necesaria:

$$F_{roz} = m \cdot \frac{v^2}{R} = 0,27 \text{ kg} \cdot \frac{(1 \text{ m/s})^2}{0,25 \text{ m}} = 1,08 \text{ N}$$

Como la **fuerza centrífuga** es **inferior** al **peso**, el coche de juguete **no completará** el giro.

60. Sobre un cuerpo de masa 40 g actúa una fuerza de 0,1 N durante 5 s. Si la velocidad inicial del cuerpo era de 2 m/s, calcula:

- a) El impulso correspondiente a la fuerza que actúa.
- b) La cantidad de movimiento inicial y final del objeto. ¿Qué relación hay entre la variación en la cantidad de movimiento y el impulso calculado en a)?

a) El impulso vendrá dado por el siguiente producto:

$$I = F \cdot \Delta t = 0,1 \text{ N} \cdot 5 \text{ s} = 0,5 \text{ N} \cdot \text{s}$$

b) Conocemos la velocidad inicial del cuerpo (2 m/s), pero no su velocidad final. Para calcular la cantidad de movimiento en ese instante final, hemos de calcular la velocidad del cuerpo:

$$F = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{0,1 \text{ N}}{0,04 \text{ kg}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \rightarrow \quad v = 2 \text{ m/s} + 2,5 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ s} = 14,5 \text{ m/s}$$

Las cantidades de movimiento serán, pues:

$$p_0 = m \cdot v_0 \quad \Rightarrow \quad p_0 = 0,04 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s} = 0,08 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$p_f = m \cdot v_f \quad \Rightarrow \quad p_f = 0,04 \text{ kg} \cdot 14,5 \text{ m/s} = 0,58 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\Delta p = p_f - p_0 = 0,58 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 0,08 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

La variación entre ambos valores de la cantidad de movimiento (0,5 kg m/s) coincide con el impulso calculado en el apartado **a**).

61. Contra una bola de billar de 160 g de masa que se encuentra en reposo choca otra bola de la misma masa, que se desplaza a una velocidad de 3,5 m/s. Si la bola que está en reposo adquiere, como consecuencia del choque, una velocidad de 2,3 m/s, ¿cuál será la velocidad de la segunda bola tras el choque? ¿Es necesario conocer la masa de las bolas para realizar el cálculo? Explícalo.

Calculamos, en primer lugar, la cantidad de movimiento de cada una de las bolas antes del impacto, y la cantidad de movimiento total. Tendremos en cuenta que, dado que una de las bolas se encuentra inicialmente en reposo, su cantidad de movimiento inicial será cero, y por tanto la cantidad de movimiento total coincide con la de la bola en movimiento.

$$p_1 = m \cdot v_1 \Rightarrow p_1 = 0,16 \text{ kg} \cdot 3,5 \text{ m/s} = 0,56 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$p_2 = m \cdot v_2 \Rightarrow p_2 = 0,16 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s} = 0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$



$$p_{\text{antes}} = p_1 + p_2 = 0,56 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Después del choque, la bola que se encontraba en reposo se mueve con una velocidad de 2,3 m/s. Por tanto, tendremos:

$$p_{\text{después}} = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 \Rightarrow p_{\text{después}} = 0,16 \text{ kg} \cdot v'_1 + 0,16 \text{ kg} \cdot 2,3 \text{ m/s}$$

$$p_{\text{antes}} = p_{\text{después}}$$

$$0,56 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0,16 \text{ kg} \cdot v'_1 + 0,16 \text{ kg} \cdot 2,3 \text{ m/s}$$

$$v'_1 = \frac{0,16 \text{ kg} \cdot 2,3 \text{ m/s} - 0,56 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{0,16 \text{ kg}} = -1,2 \text{ m/s}$$

La bola lanzada, tras el choque **retrocede** –de ahí el **signo negativo**– con una velocidad de 1,2 m/s.

Como las **dos bolas** tienen la **misma masa**, **este dato no es necesario** para el cálculo, ya que podrían simplificarse por dicha masa todas las cantidades.

62. Durante una experiencia, unos alumnos han realizado el montaje de un carril inclinado por el que dejarán caer un bloque de madera de 200 g de masa. La longitud del carril es 1 m, y el ángulo de inclinación es de 35°. Para completar el montaje, han colocado en la base del carril una bola de acero de 350 g de masa, contra la que impactará el bloque de madera. Teniendo en

cuenta que han determinado que el coeficiente de rozamiento entre el bloque de madera y el carril es 0,6, realiza los cálculos necesarios y contesta:

- ¿Cuáles son los valores de las componentes del peso en la dirección paralela y en la dirección perpendicular al carril de deslizamiento?
- ¿Cómo se determina la fuerza resultante que actúa sobre el bloque?
¿Cuánto vale?
- Calcula la aceleración del descenso del bloque. ¿Con qué velocidad alcanza la base del carril?
- ¿Cuál es la cantidad de movimiento del bloque de madera en el momento en que llega al punto en el que se encuentra la bola de acero?
- Suponiendo que, tras el impacto con la bola, el bloque de madera queda en reposo, ¿con qué velocidad sale despedida la bola?
- Una vez que ha salido despedida, la bola de acero se detiene a los 1,7 s de iniciado su movimiento. ¿A qué distancia de la base del carril se habrá detenido?

- a) Las componentes del peso en la dirección del movimiento (P_x) y en la dirección perpendicular a la superficie de deslizamiento (P_y) son:

$$P_x = m \cdot g \cdot \operatorname{sen} \alpha = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \operatorname{sen} 35^\circ = 1,12 \text{ N}$$

$$P_y = m \cdot g \cdot \operatorname{cos} \alpha = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \operatorname{cos} 35^\circ = 1,61 \text{ N}$$

- b) La fuerza resultante viene dada por la diferencia de las fuerzas que actúan sobre el bloque en la dirección del movimiento, que en este caso son la componente P_x del peso (a favor del movimiento) y la fuerza de rozamiento (en contra). Por tanto, determinamos en primer lugar la fuerza de rozamiento, y a continuación la fuerza resultante que actúa sobre el bloque:

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = 0,6 \cdot 1,61 \text{ N} = 0,97 \text{ N}$$

$$F_R = F_{\text{favor}} - F_{\text{contra}} = P_x - F_{\text{roz}} = 1,12 \text{ N} - 0,97 \text{ N} = 0,15 \text{ N}$$

- c) Despejando de la segunda ley, calculamos la aceleración del movimiento:

$$F_R = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F_R}{m} = \frac{0,15 \text{ N}}{0,2 \text{ kg}} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

Como la velocidad inicial es cero ($v_0 = 0$) y la longitud del carril es de 1 m, calculamos la velocidad con que alcanza el final de la rampa:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad \Rightarrow \quad v^2 = 2 \cdot a \cdot s \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 0,75 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m}} = 1,22 \text{ m/s}$$

d) La cantidad de movimiento del bloque en la base del plano viene dada por el producto de la masa del mismo por su velocidad en ese punto. Por tanto:

$$p = m \cdot v = 0,2 \text{ kg} \cdot 1,22 \text{ m/s} = 0,244 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

e) Al impactar el bloque de madera con la bola, y suponiendo que este queda tras el choque en reposo, podemos determinar la velocidad de la bola considerando que la cantidad de movimiento de la misma es la que tiene el bloque antes de impactar:

$$p_{\text{bloque}} = p_{\text{bola}} = 0,244 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \Rightarrow m_{\text{bola}} \cdot v_{\text{bola}} = 0,244 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Por tanto:

$$v_{\text{bola}} = \frac{0,244 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{0,35 \text{ kg}} = 0,7 \text{ m/s}$$

f) Si la bola, que inicia su movimiento a una velocidad de 0,7 m/s, se detiene en 1,7 s, describe un movimiento uniformemente retardado con una aceleración de $-0,41 \text{ m/s}^2$. La distancia que recorre hasta que se detiene, ($v_f = 0$), puede obtenerse a partir de la expresión:

$$\begin{aligned} v^2 &= v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \Rightarrow s = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a} \Rightarrow \\ \Rightarrow s &= \frac{(0 \text{ m/s})^2 - (0,7 \text{ m/s})^2}{2 \cdot (-0,41 \text{ m/s}^2)} = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$