

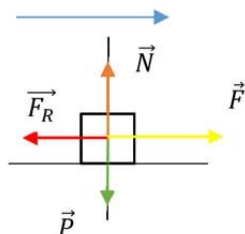
Ejercicios de Dinámica

1. Calcula la resultante de las siguientes fuerzas: $F_1 = 3 \text{ N}$ y $F_2 = 4 \text{ N}$ en los siguientes casos:
 - a) Si las dos fuerzas tienen igual dirección y sentido.
 - b) Si tienen igual dirección y sentido contrario.
 - c) Si son perpendiculares.
2. Una barca que navega río arriba es empujada por el remero con una fuerza de 825 N, y por la corriente, con una fuerza de 200 N. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza resultante?
3. Dos fuerzas actúan sobre un cuerpo formando un ángulo de 30° , siendo F_1 horizontal y de módulo 5 N y F_2 de módulo 3 N. Calcula la fuerza resultante y la dirección del cuerpo, si inicialmente está en reposo.
4. Una masa de 2 kg está sometida a dos fuerzas cuyas componentes son (2,4) y (4,-10). Se pide:
 - a) Dirección y módulo de la fuerza resultante.
 - b) Aceleración de esta masa.
 - c) Velocidad al cabo de 6 s, si parte del reposo.
5. Un muelle elástico se alarga 5 cm cuando se hace una fuerza de 10 N.
 - a) ¿Cuánto se alargará con fuerzas de 5 N, 20 N, 1 N, 2 N, 8 N?
 - b) ¿A qué fuerza corresponderá un alargamiento de 10 cm, 1 cm, 4 cm, 6 cm?
6. El motor de un montacargas de masa 100 kg ejerce una fuerza vertical hacia arriba de 1400 N. Representa todas las fuerzas que actúan sobre el montacargas. Calcula la fuerza resultante sobre éste y la aceleración con la que subirá.
7. Se aplica una fuerza de 20 N a un cuerpo en reposo que recorre en línea recta 15 m en 2 s. ¿Cuál es la masa de dicho cuerpo?
8. Un cuerpo de masa 1000 g se desplaza sobre una pista horizontal helada impulsado por una fuerza de 2 N. Si inicialmente parte del reposo, halla la velocidad que tendrá al cabo de 3 s y el espacio recorrido en ese tiempo.
9. El conductor de un camión de 1200 kg circula a 90 km/h y observa un peatón cruzando a unos 50 m delante de él. Frena y consigue detenerse en 5 s. ¿Cuál es su aceleración de frenada? ¿Qué fuerza han ejercido los frenos? ¿Cuánto recorre?
10. ¿Qué fuerza precisa un coche de 1 Tm (una tonelada) para acelerarse $1,5 \text{ m/s}^2$?
11. Un cuerpo cae con una fuerza de 100 N. ¿Qué masa tiene?
12. Sobre un cuerpo de 6 kg, que se encuentra en reposo, actúa una fuerza durante 20 s. Debido a ello adquiere una velocidad de 5 m/s. Calcula el valor de la fuerza que actúa sobre dicho cuerpo.

- 13.** A un objeto de 10 kg de masa se le aplica una fuerza horizontal de 20 N. Calcula:
a) La aceleración que adquiere; **b)** el espacio que recorre en 10 s y **c)** el peso de dicho cuerpo.
- 14.** Un vehículo que circula a 72 km/h frena y se detiene en 3 s. Calcula la fuerza que ha hecho que se detenga (si la masa es de 1 Tm) y el espacio que ha recorrido en ese tiempo.
- 15.** Calcula el espacio que recorre hasta pararse un cuerpo con una velocidad inicial de 10 m/s, sabiendo que el coeficiente de rozamiento de la superficie por la que se mueve es de 0,25.
- 16.** Sobre un cuerpo de 20 kg en reposo, se aplica una fuerza de 200 N para moverlo en un plano horizontal con coeficiente de rozamiento de 0,1. Calcula la velocidad del cuerpo al cabo de 1 minuto.
- 17.** Calcula la fuerza de rozamiento de un bloque de 100 N de peso que se desliza sobre una superficie, si el coeficiente de rozamiento es de 0,2.
- 18.** Calcula la fuerza horizontal que debe aplicarse a un cuerpo de 25 kg de masa para desplazarlo con una velocidad uniforme sobre una superficie horizontal cuyo coeficiente de rozamiento es 0,1.
- 19.** Sobre un cuerpo de 4 kg que se mueve con velocidad constante en un plano horizontal se aplica una fuerza de 40 N. Halla la aceleración que adquiere si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie es 0,1.
- 20.** Calcula el espacio recorrido hasta que se detiene, de un cuerpo que se lanza hacia arriba con una velocidad inicial de 2 m/s por una rampa de 30° de inclinación y coeficiente de rozamiento 0,2, con una fuerza impulsora de 1 N y una fuerza de frenado con el aire de 0,5 N. La masa de dicho cuerpo es de 16 kg.

Calcula las fuerzas de rozamiento estático y dinámico con las distintas fuerzas aplicadas (F) e indica si se moverá. Datos: $m=9,2 \text{ kg}$; $\mu_e=0,30$; $\mu_d=0,20$; $g=10\text{m/s}^2$

- a) $F = 10 \text{ N}$
- b) $F = 27 \text{ N}$
- c) $F = 30 \text{ N}$



Rozamiento estático (cuando hay movimiento)

2ª ley de Newton

Eje x) $F - F_{Re} = 0$

Eje y) $N - P = 0$

Eje x) $F = F_{Re}$ (para que empiece el movimiento)

Eje y) $N = P = mg$

$F_{Re} = \mu_e N = \mu_e mg = 0,30 \cdot 9,2 \cdot 10 = 27,6 \text{ N}$

- a) $F < F_{Re} \Rightarrow$ No hay movimiento
- b) $F < F_{Re} \Rightarrow$ No hay movimiento
- c) $F > F_{Re} \Rightarrow$ Sí hay movimiento

Rozamiento dinámico (cuando hay movimiento)

c) 2ª ley de Newton

Eje x) $F - F_{Ra} = ma$

Eje y) $N - P = 0$

Eje x) $F - F_{Ra} = ma$

Eje y) $N = P$

Eje x) $F - \mu_d N = ma$

Eje y) $N = mg$

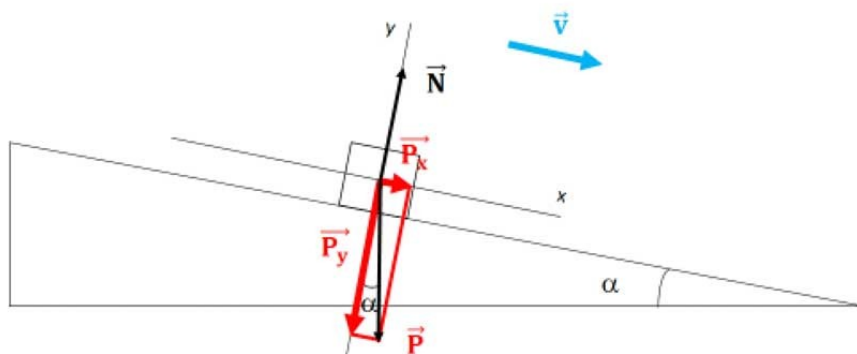
$F - \mu_d mg = ma$

$a = \frac{F - \mu_d mg}{m}$

$a = \frac{F}{m} - \mu_d g = \frac{30}{9,2} - 0,2 \cdot 10 = 1,26 \text{ m/s}^2$

Dos objetos de 25 kg y 35 kg de masa están situados en la parte superior de un plano inclinado, sin rozamiento, de 7,0 m de largo y 30° de inclinación. ¿Cuál llega antes al pie del plano si se sueltan a la vez? ¿Cuánto tiempo tardará?

Solución: 1,7 s



2ª ley de Newton:

Eje x: $P_x = m a$

Eje y: $N - P_y = 0$ No hace falta porque no hay rozamiento

Sustituyo $P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$: Eje x: $P \cdot \text{sen } \alpha = m a$

Sustituyo $P = m g$: Eje x: $m g \cdot \text{sen } \alpha = m a$

Cancelo m: $a = g \text{ sen } \alpha$

Sustituyo ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) $a \approx 4,9 \text{ m/s}^2$ (acelera)

(La aceleración no depende de m ; los dos objetos llegan al mismo tiempo)

Cinemática:

$v_0 = 0$ $a = 4,9 \text{ m/s}^2$ MRUA



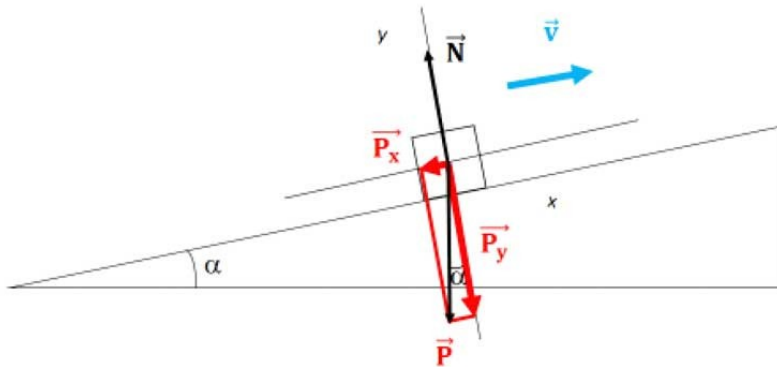
$x_0 = 0$ $t = ?$ $x = 7 \text{ m}$

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

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7}{4,9}} = \sqrt{2,8} \approx 1,7 \text{ s}$$

Se lanza hacia arriba por un plano inclinado de 60° de inclinación, un objeto con una velocidad de $9,0 \text{ ms}^{-1}$. Calcula la distancia que recorrerá sobre el plano si no existe rozamiento.

Solución: 4,8 m



2ª ley de Newton:

Eje x: $-P_x = m a$

Eje y: $N - P_y = 0$ No hace falta porque no hay rozamiento

Sustituyo $P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$: Eje x: $-P \cdot \text{sen } \alpha = m a$

Sustituyo $P = mg$: Eje x: $-m g \cdot \text{sen } \alpha = m a$

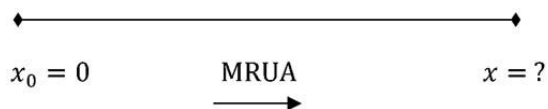
Cancelo m: $a = -g \text{ sen } \alpha$

Sustituyo ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) $a \approx -8,49 \text{ m/s}^2$ (frena)

Cinemática:

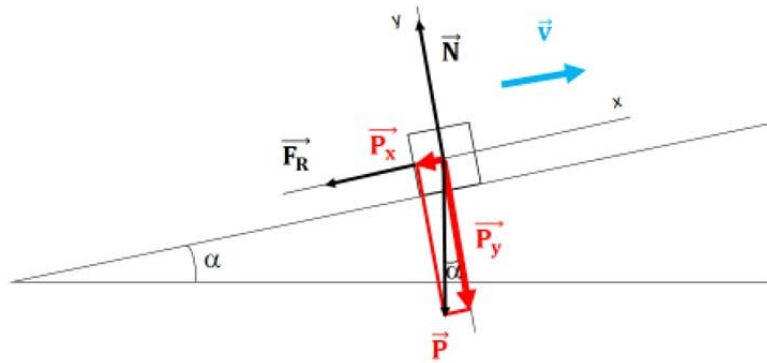
$v_0 = 9 \text{ m/s}$ $a = -8,49 \text{ m/s}^2$ $v = 0 \text{ m/s}$

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$ $-v_0^2 = 2ax$



$x = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-81}{-2 \cdot 8,49} \approx 4,8 \text{ m}$

Se lanza hacia arriba por un plano inclinado de 60° de inclinación, un objeto con una velocidad de $9,0 \text{ ms}^{-1}$. Calcula la distancia que recorrerá sobre el plano si $\mu = 0,2$



2ª ley de Newton:

Eje x: $-P_x - F_R = m a$

Eje y: $N - P_y = 0$

Sustituyo $P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$:

Eje x: $-P \cdot \text{sen } \alpha - F_R = m a$

Sustituyo $P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$:

Eje y: $N = P \cdot \text{cos } \alpha$

Sustituyo $P = mg$:

Eje x: $-mg \cdot \text{sen } \alpha - \mu N = m a$

Sustituyo $F_R = \mu N$:

Eje y: $N = mg \cdot \text{cos } \alpha$

Sustituyo N:

$-mg \cdot \text{sen } \alpha - \mu \cdot mg \cdot \text{cos } \alpha = m a$

Factor común $-g$ y divido por m : $a = -g (\text{sen } \alpha + \mu \cdot \text{cos } \alpha)$

Sustituyo ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

$a = -9,8 (\text{sen } 60^\circ + 0,2 \cdot \text{cos } 60^\circ) \simeq -9,5 \text{ m/s}^2$

Cinemática:

$v_0 = 9 \text{ m/s}$ $a = -9,5 \text{ m/s}^2$

$v = 0 \text{ m/s}$

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

$-v_0^2 = 2ax$



$x_0 = 0$

MRUA

$x = ?$

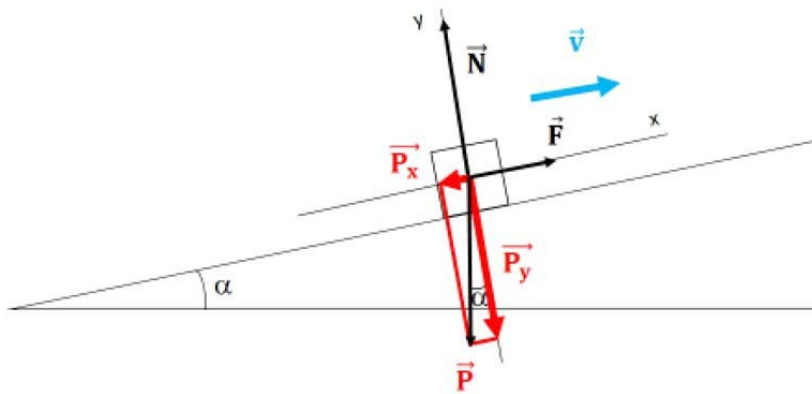
$x = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-81}{-2 \cdot 9,5} \simeq 4,3 \text{ m}$

Con la ayuda de una fuerza de 14 N se sube un objeto de 2,0 kg de masa por un plano inclinado de 25°. Calcula la aceleración con la que sube el objeto:

- a) Si no hay rozamiento entre el plano y el objeto.
- b) Si existe rozamiento, $\mu_c = 0,17$.

Solución: a) $2,9 \text{ ms}^{-2}$; b) $1,3 \text{ ms}^{-2}$

a)



2ª ley de Newton:

Eje x: $F - P_x = m a$

Eje y: $N - P_y = 0$ No hace falta porque no hay rozamiento

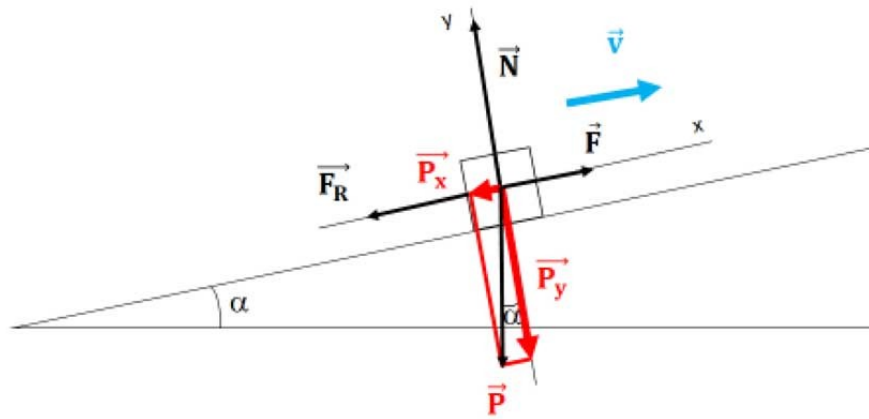
Sustituyo $P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$: Eje x: $F - P \cdot \text{sen } \alpha = m a$

Sustituyo $P = mg$: Eje x: $F - mg \cdot \text{sen } \alpha = m a$

Divido por m: $a = \frac{F - mg \text{ sen } \alpha}{m}$ $a = \frac{F}{m} - \frac{mg \text{ sen } \alpha}{m}$ $a = \frac{F}{m} - g \text{ sen } \alpha$

Sustituyo ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) $a = \frac{14}{2} - 9,8 \cdot \text{sen } 25^\circ \approx 2,9 \text{ m/s}^2$

b)



$$\text{Eje x: } F - P_x - F_R = m a$$

$$\text{Eje y: } N - P_y = 0$$

$$\text{Sustituyo } P_x = P \cdot \text{sen } \alpha:$$

$$\text{Eje x: } F - P \cdot \text{sen } \alpha - F_R = m a$$

$$\text{Sustituyo } P_y = P \cdot \text{cos } \alpha:$$

$$\text{Eje y: } N = P \cdot \text{cos } \alpha$$

$$\text{Sustituyo } P = mg:$$

$$\text{Eje x: } F - mg \cdot \text{sen } \alpha - \mu N = m a$$

$$\text{Sustituyo } F_R = \mu N:$$

$$\text{Eje y: } N = mg \cdot \text{cos } \alpha$$

$$\text{Sustituyo } N:$$

$$F - mg \cdot \text{sen } \alpha - \mu \cdot mg \cdot \text{cos } \alpha = m a$$

$$\text{Factor com\u00fan } -g \text{ y divido por } m: a = \frac{F}{m} - g (\text{sen } \alpha + \mu \cdot \text{cos } \alpha)$$

$$\text{Sustituyo } (g = 9,8 \text{ m/s}^2) \quad a = \frac{14}{2} - 9,8 (\text{sen } 25^\circ + 0,17 \cdot \text{cos } 25^\circ) \approx 1,3 \text{ m/s}^2$$

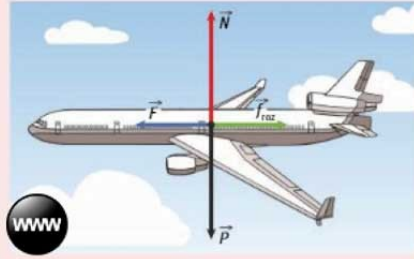
¿Cómo se mantiene en el aire un Boeing 747?

Hoy en día sigue resultando sorprendente ver volar una aeronave tan grande y pesada como un Boeing 747. ¿Te has planteado alguna vez qué fuerza lo sostiene?

La sustentación es una fuerza que ejerce el aire sobre el ala y el fuselaje de los aviones (\vec{N} , en el dibujo). Dicha fuerza no actúa cuando el avión está parado, pero durante el despegue llega a superar al peso, haciendo que el avión se eleve, y en pleno vuelo iguala a dicho peso, con lo que el avión se mantiene en el aire.

A pesar de la complejidad de los fenómenos que tienen lugar, el movimiento del avión se puede estudiar a partir de las leyes vistas en este tema.

Puedes consultar el fundamento físico de la sustentación y vuelo de un avión en el enlace www.e-sm.net/svfq4eso09_02.

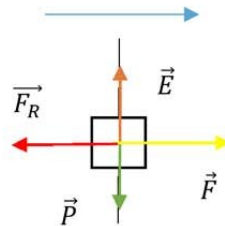


1. Un Boeing 747 tiene una masa de 350 000 kg y se desplaza a una velocidad constante de 850 km/h. Estudia el diagrama de fuerzas de la ilustración e indica si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas:

- La fuerza de empuje, \vec{F} , es la reacción a la fuerza que hacen los gases que expulsan los motores.
- La fuerza neta que actúa sobre el avión es cero.
- \vec{N} y \vec{P} son fuerzas de acción y reacción; por eso se anulan.
- Tanto \vec{N} como \vec{F}_R son realizadas por el aire.

2. Escribe la ecuación de fuerzas en ambos ejes y razona:

- ¿Qué fuerza habrá que modificar para lograr que el avión descienda?
- ¿Qué fuerza resultante puede hacer que el avión pase de 850 km/h a 950 km/h en un minuto?



1.

a) La fuerza de empuje es la reacción a la fuerza que hacen los gases que expulsan los motores. Verdadero. Por la 3ª ley de Newton, si el avión empuja gases hacia atrás, los gases empujan el avión hacia delante.

b) La fuerza neta es cero. Verdadero.

Como la velocidad es constante, por la 1ª ley de Newton, la suma de fuerzas será cero.

c) E es la reacción a P. Falso.

E es la fuerza que el aire ejerce sobre las alas, su reacción es la fuerza que las alas ejercen sobre el aire.

P es la fuerza que la Tierra ejerce sobre el avión, su reacción es la fuerza que el avión ejerce sobre la Tierra.

d) Tanto E como F_R son fuerzas realizadas por el aire Verdadero.

E es la fuerza que el aire ejerce sobre las alas y F_R es la que el aire ejerce sobre un cuerpo que se mueve.

2.

a) 2ª ley de Newton:

Eje x: $F - F_R = ma$

Eje y: $E - P = 0$

b) $v_0 = 850 \text{ km/h} = 3060 \text{ m/s}$ $a = ?$ $v = 950 \text{ km/h} = 3420 \text{ m/s}$

$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

$v - v_0 = at$; $a = (v - v_0)/t = 360/60 = 6 \text{ m/s}^2$

La fuerza adicional para acelerar esa cantidad será:

$F' = ma = 350000 \cdot 6 = 2100000 \text{ N} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ N}$

Vida en el espacio

En noviembre del año 2000 se puso en órbita la Estación Espacial Internacional (EEI), y desde entonces ha mantenido permanentemente entre dos y seis personas viviendo en el espacio. Se trata de un proyecto conjunto de Europa, Canadá, Rusia, Estados Unidos, Japón y Brasil, junto a colaboraciones particulares de Italia y Australia.

La EEI tiene unas dimensiones algo mayores que un campo de fútbol y una masa de 420 toneladas. En este momento su espacio habitable es comparable al de una casa de cinco dormitorios con dos baños.



1. Sabiendo que la EEI se encuentra en órbita a 400 km de altura sobre la superficie terrestre, analiza los datos de la tabla de la derecha y justifica si las siguientes respuestas son verdaderas o falsas:

- El valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra es de $9,8 \text{ m/s}^2$, pero en la EEI hay gravedad cero.
- A partir de las expresiones de la tabla se concluye que el valor de g disminuye por encima de la superficie de la Tierra, pero no se hace cero en la posición de la EEI.
- El valor de g depende de la masa de la Tierra y de la masa de la EEI.
- Sustituyendo valores resulta que el valor de g en la EEI es de $8,7 \text{ m/s}^2$.

Aceleración de la gravedad, g	Expresión	Valor
Superficie de la Tierra	$g_{\text{superficial}} = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$	$9,8 \text{ m/s}^2$
EEI	$g_{\text{EEI}} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$	$?$

2. Enumera las consecuencias positivas que puede tener un proyecto como este para la humanidad. ¿Crees que está justificado el abultado presupuesto necesario para mantenerlo (alrededor de diez mil millones de dólares)?

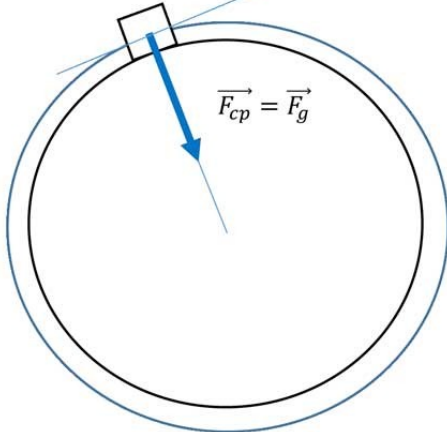
a) Datos:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \quad M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \quad R_T = 6400 \text{ km} \quad h = 400 \text{ km}$$

$$g_E = G \frac{M_T}{(R_T+h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6400000+400000)^2 \text{ m}^2} = 8,7 \text{ m/s}^2$$

En la estación hay gravedad considerable, un poco menor que en la superficie pero no es cero.

Los astronautas "flotan" porque están en situación de caída libre.



b) g solo será 0 en el infinito

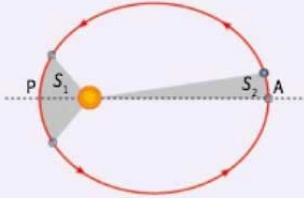
c) g depende de la masa de la Tierra pero no de la otra masa. Lo que depende de la otra masa es el peso (mg)

d) Verdadero, ya resuelto en a)

2. Investigación cosmológica, farmacológica. Supervisión de la Tierra. Avances tecnológicos...

AUTOEVALUACIÓN

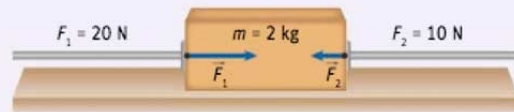
- Un buen lanzador de martillo (cuya masa es de 7,26 kg) puede imprimir a la bola velocidades muy altas. Si un lanzador consigue una velocidad de 100 km/h en un giro de 1,85 m de radio, determina la fuerza centrípeta necesaria:
a) 109 N b) 3028,5 N c) 5602,7 N d) 201,7 N
- El dibujo muestra el movimiento de un planeta en torno a su estrella.



¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?

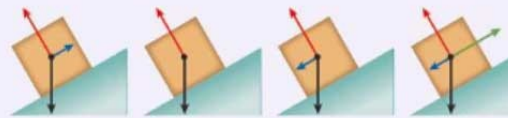
- La igualdad $S_1 = S_2$ significa que ha recorrido el arco correspondiente en el mismo tiempo.
 - Una consecuencia de lo anterior es que el planeta se mueve más deprisa en el afelio (A) que en el perihelio (P).
 - La velocidad en A es perpendicular al radio vector que une el Sol con el planeta en ese punto.
 - La fuerza de atracción gravitatoria estrella-planeta es mayor en P que en A.
- La aceleración de la gravedad es de 8,6 m/s² en la superficie de Venus y de 3,7 m/s² en la de Marte. Si el peso de un niño es de 222 N en Marte, su masa y su peso en Venus serán:
a) 60 kg y 516 N c) 60 kg y 60 N
b) 60 N y 1909 N d) 25,8 kg y 95,5 N

- Un satélite de masa 2000 kg se encuentra a una altura sobre la superficie igual al radio terrestre. Por tanto:
a) Su peso es la mitad que en la superficie.
b) Dentro del satélite habrá ingravidez.
c) Su período de revolución será de dos días.
d) La fuerza con que lo atrae la Tierra es de unos 5000 N.
- Una nadadora de masa 60 kg se lanza desde un acantilado a 27 m de altura. Si toca el agua 2,5 s después de saltar, la fuerza de rozamiento ejercida por el aire vale:
a) 58,8 N b) 600 N c) 518,4 N d) 69,6 N
- Sobre el bloque de la figura actúan las fuerzas indicadas.

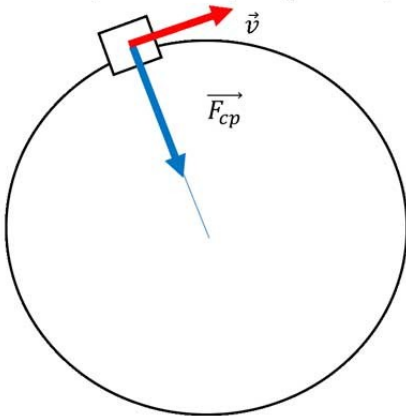


Si el coeficiente de rozamiento con el plano es $\mu = 0,3$, la aceleración que adquiere el bloque será:

- 2 m/s² b) 5 m/s² c) -2 m/s² d) -5 m/s²
- Se lanza un cuerpo hacia arriba por un plano inclinado. En ausencia de rozamiento y una vez que la mano deja de impulsarlo, el diagrama de fuerzas antes de su descomposición en ejes es:



1. $R = 1,85 \text{ m}$ $m = 7,26 \text{ kg}$ $v = 27,78 \text{ m/s}$ $F_c = ?$



$$F_c = m a_n = m \frac{v^2}{R} = 7,26 \frac{27,78^2}{1,85} = 3028,5 \text{ N}$$

2. **2ª ley de Kepler** (enunciados a y b). Las cuatro afirmaciones son correctas.

3. $P = m g$

Marte: $g_M = 3,7 \text{ m/s}^2$ $P_M = 222 \text{ N}$ $P_M = m g_M$ $m = P / g = 222/3,7 = 60 \text{ kg}$

Venus: $g_V = 8,6 \text{ m/s}^2$ $P_V = m g_V = 60 \cdot 8,6 = 516 \text{ N}$

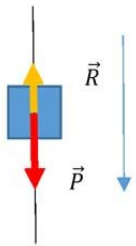
4. Gravedad:

En la superficie: $g = G \frac{M}{R^2} = 9,8 \frac{m}{s^2}$

A una altura 2R: $g = G \frac{M}{(2R)^2} = G \frac{M}{4R^2} = \frac{1}{4} G \frac{M}{R^2} = \frac{1}{4} 9,8 \frac{m}{s^2}$

- a) Su peso es la cuarta parte.
- b) Hay menos gravedad pero hay. Tendríamos sensación de ingravidez por estar "cayendo" en la órbita.
- c) -
- d) $P = m g = 2000 \cdot 0,25 \cdot 9,8 = 4900 \text{ N}$

5.



2ª ley de Newton:

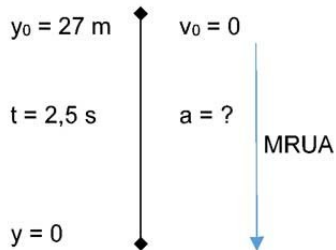
Eje y) $P - R = m a$

$m g - R = m a$

$m g - m a = R$

$R = m (g - a)$

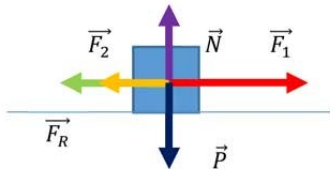
Cinemática: $v = y / t$ (MRU)



$y - y_0 = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$
 $a = -2 y_0 / t^2$
 $a = -2 \cdot 27 / (2,5)^2$
 $a = -8,6 \text{ m/s}^2$

$R = m (|g| - |a|) = 60(9,8 - 8,64) = 69,6 \text{ N}$

6.



2ª ley de Newton:

Eje x) $F_1 - F_2 - F_R = m a$

Eje y) $N - P = 0$

Eje x) $F_1 - F_2 - \mu N = m a$

Eje y) $N = m g$

$F_1 - F_2 - \mu m g = m a$

$a = (F_1 - F_2 - \mu m g) / m = (F_1 - F_2) / m - \mu g = (20 - 10) / 2 - 0,3 \cdot 9,8 = 5 - 2,94 = 2,06 \text{ m/s}^2$