

4 LAS FUERZAS Y EL EQUILIBRIO DE LOS SÓLIDOS

EJERCICIOS PROPUESTOS

4.1 Nombra cinco sólidos rígidos que se encuentren en tu aula.

Mesa, silla, pizarra, libro, bolígrafo, etc.

4.2 Justifica si una moneda se comporta como un sólido rígido o como uno deformable.

En situaciones habituales se comporta como un sólido rígido, pero sometida a grandes presiones puede deformarse, por ejemplo, si se la comprime en una prensa.

4.3 ¿Qué mide el momento de una fuerza? Describe una situación de la vida real en la que puedas aplicar una fuerza y su momento sea cero.

El momento de fuerza mide la intensidad del giro que puede adquirir un cuerpo. Si se aplica una fuerza sobre una puerta en una dirección que corte al eje de giro, el momento resultante es 0.

4.4 Una puerta de 80 cm de ancho se abre aplicando un momento de 48 N m. ¿Qué fuerza debe aplicarse sobre su borde para abrirla?

$$M = F d; 48 = F \cdot 0,8$$
$$F = 60 \text{ N}$$

4.5 ¿Se puede desplazar un cuerpo aplicándole dos fuerzas paralelas del mismo módulo y de sentidos opuestos?

La resultante es nula y, por tanto, no hay desplazamiento.

4.6 Define "brazo de un par de fuerzas". ¿En qué unidad del Sistema Internacional se mide?

Es la distancia entre las direcciones de las dos fuerzas que forman el par. Se mide en metros.

4.7 ¿Cuáles son las condiciones de equilibrio estático de un sólido rígido? Señala dos situaciones cotidianas en las que se cumpla solo una de las condiciones e indica si los sólidos correspondientes se encuentran en equilibrio.

Las dos condiciones son:

1.^a La resultante de las fuerzas que actúan sobre el sólido debe ser nula: $R = 0$. Es la condición necesaria para que el sólido no se desplace.

2.^a El momento resultante de las fuerzas que actúan sobre el sólido debe ser nulo: $M = 0$. Es la condición necesaria para que el sólido no gire.

Si se tira de una caja mediante una cuerda, el momento resultante de las fuerzas que actúan es nulo, pero la caja se desplaza sometida a la acción de la fuerza de tracción.

Sobre un CD que gira, la fuerza resultante es 0 y no hay desplazamiento, pero el CD gira por la acción del momento de fuerza aplicado sobre él.

4.8 Dos personas llevan sujeta, cada una por un extremo, una pértiga de 180 cm de longitud de la que cuelga un peso de 45 kg a 60 cm de uno de los extremos. Calcula qué fuerza hace cada persona.

Las fuerzas ejercidas son paralelas y del mismo sentido (hacia arriba).

El peso de la carga es $P = m g = 45 \cdot 9,8 = 441 \text{ N}$.

La resultante de todas las fuerzas es $R = F_1 + F_2 - 441$.

Primera condición de equilibrio: $R = 0 \Rightarrow F_1 + F_2 = 441 \text{ N}$.

Segunda condición de equilibrio: $M = 0$; la suma de momentos respecto del punto en que se aplica la fuerza F_1 es:

$$M = 441 \cdot 1,2 - F_2 \cdot 1,8 = 0$$

$$F_1 = 147 \text{ N}$$

$$F_2 = 294 \text{ N}$$

4.9 Señala dónde está situado el centro de gravedad de una lámina rectangular plana.

En el centro geométrico del rectángulo.

4.10 Describe cómo determinarías el centro de gravedad de una cartulina que tuviera forma irregular.

Se suspende de dos puntos diferentes y se marcan las verticales respectivas. El punto de intersección de las dos líneas marcadas es el centro de gravedad de la cartulina.

4.11 Calcula la fuerza para levantar un cuerpo de 100 kg mediante una palanca de 240 cm de longitud si el punto de apoyo dista 80 cm del cuerpo.

$$P \cdot b_p = R \cdot b_r$$

La resistencia, R , es igual al peso del cuerpo: $R = m g = 100 \cdot 9,8 = 980 \text{ N}$.

Brazo de la resistencia, $b_r = 80 \text{ cm} = 0,80 \text{ m}$.

Brazo de la potencia, $b_p = 2,40 - 0,80 = 1,60 \text{ m}$.

Según la ley de la palanca, $P \cdot 1,60 = 980 \cdot 0,80 = 490 \text{ N}$.

4.12 ¿Qué fuerza hay que usar para levantar un peso de 80 N mediante una polea fija? ¿Cuál es la utilidad de la polea?

La resistencia, R , es igual al peso del cuerpo: $R = 80 \text{ N}$.

La potencia es $P = R = 80 \text{ N}$.

La polea permite cambiar la dirección de la fuerza aplicada.

CIENCIA APLICADA

4.13 Consulta en la anterior página web qué tipos de puentes hay según los materiales con los que se construyen.

Los puentes pueden ser de madera, de piedra, metálicos y de hormigón armado.

4.14 Explica cuáles son las ventajas de los puentes colgantes respecto a otro tipo de puentes.

Son especialmente adecuados para salvar grandes desniveles, tienen una apariencia ligera y un notable valor estético.

EJERCICIOS DE APLICACIÓN

4.15 Halla la resultante de dos fuerzas paralelas del mismo sentido de 40 y 80 N aplicadas en los extremos de una barra de 45 cm.

$$R = 40 + 80 = 120 \text{ N}$$

$$40 d = 80 (45 - d)$$

$$d = 30 \text{ cm}$$

4.16 Para abrir una puerta de 90 cm de ancho se necesita aplicar un momento de fuerza de 63 N m. Calcula qué fuerza mínima hay que aplicar en el borde de la puerta para abrirla.

$$M = Fd \Rightarrow 63 = F \cdot 0,9 \Rightarrow F = 70 \text{ N}$$

4.17 Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

a) Si un sólido no se traslada, la fuerza resultante que actúa sobre él es nula.

b) Si un sólido no gira, el momento de fuerza aplicado sobre él es nulo.

c) Un par de fuerzas produce un movimiento de giro sobre un sólido.

d) El centro de gravedad de una esfera es su centro geométrico.

e) Las máquinas simples permiten una mejor utilización de las fuerzas.

a) Verdadera.

b) Verdadera.

c) Verdadera.

d) Verdadera.

e) Verdadera.

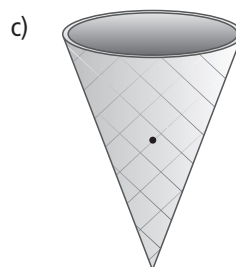
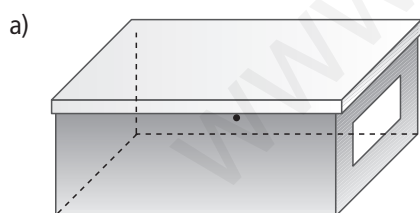
4.18 Describe, mediante un esquema, la posición del centro de gravedad de los siguientes sólidos.

a) Una caja de zapatos.

b) Una lata de refresco.

c) Un cucurucho de helado.

d) Un lapicero (sin contar la punta).



4.19 Señala en cuáles de los siguientes sólidos el centro de gravedad es un punto del sólido.

- a) Una taza.
- b) Un libro.
- c) Un teléfono móvil.
- d) Un balón.
- e) Un neumático.
- f) Un adoquín.

Es un punto del sólido en b), c) y f).

No es un punto del sólido en a), d) y e).

4.20 Identifica a qué género de palanca pertenece cada uno de los siguientes objetos.

- a) Abrebotellas.
- b) Alicates.
- c) Remos de una barquilla.
- d) Carretilla de una rueda.
- e) Carretilla de dos ruedas.
- f) Balanza.
- g) Pinzas para el hielo.
- h) Martillo.

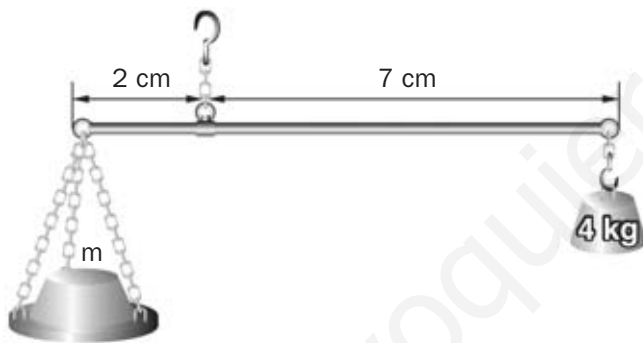
Primer género: b), e), y f).

Segundo género: a), c), y d).

Tercer género: g) y h).

PROBLEMAS DE SÍNTESIS

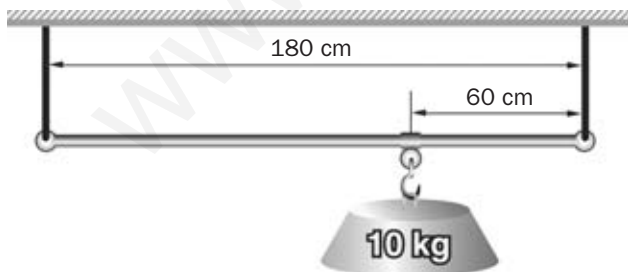
4.21 Calcula el valor de la masa, m , para que la romana de la figura esté en equilibrio.



Igualando los momentos respecto al punto de apoyo:

$$2 \text{ mg} = 7 \cdot 4 \text{ g} \Rightarrow m = 14 \text{ kg}$$

4.22 Se cuelga una masa de 10 kg de un punto de la barra situado a 60 cm de un extremo. Calcula qué fuerza ejerce cada una de las cuerdas sobre la barra.



Peso del cuerpo: $P = 10 \cdot 9,8 = 98 \text{ N}$.

Condición de resultante nula: $F_1 + F_2 = 98 \text{ N}$.

Condición de momento nulo respecto a O: $1,2 \cdot F_1 = 0,6 \cdot F_2$.

Las soluciones del sistema anterior son: $F_1 = 32,7 \text{ N}$; $F_2 = 65,3 \text{ N}$.

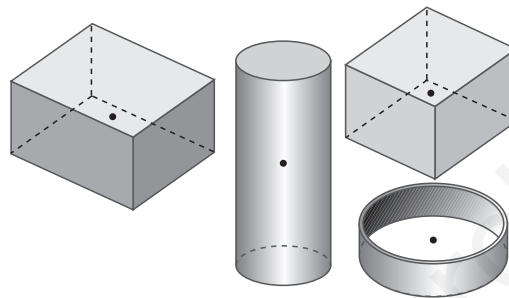
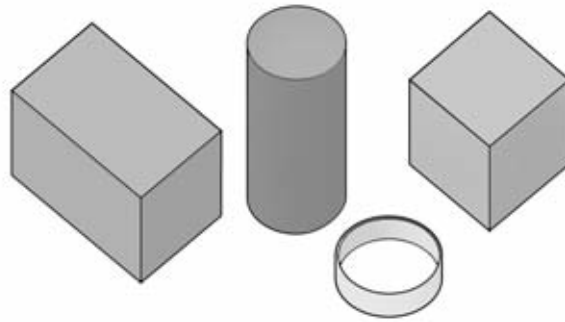
4.23 Para abrir una puerta se empuja en su borde con una fuerza de 100 N. Calcula qué fuerza habría que aplicar para abrirla empujando sobre el punto medio entre la bisagra y el borde.

$$100 \cdot d = F \cdot 0,5 \cdot d \Rightarrow F = 200 \text{ N}$$

4.24 Una persona de 48 kg se sube al extremo de un balancín de 4 m de longitud apoyado en su punto medio. ¿Dónde debe subirse otra persona de 60 kg para que el balancín esté en equilibrio?

$$P \cdot 2 = P' \cdot d \Rightarrow 48 \text{ g} \cdot 2 = 60 \text{ g} \cdot d \Rightarrow d = 1,6 \text{ m}$$

4.25 Señala en tu cuaderno la posición del centro de gravedad de los siguientes sólidos.



4.26 Describe en qué condiciones una regla sujeta por un clavo a la pared se encuentra en equilibrio inestable. La regla puede rotar sobre el clavo.

Si está en una posición vertical con el centro de gravedad por encima del clavo de sujeción.

4.27 Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

- a) Un sólido rígido puede tener a la vez un movimiento de traslación y un movimiento de rotación.
- b) El momento de una fuerza respecto a un eje depende de la dirección de la fuerza.
- c) La resultante de dos fuerzas paralelas del mismo sentido nunca es nula.
- d) Un brazo que sujeta un peso es una palanca de segundo género.

- a) Verdadera.
- b) Verdadera.
- c) Verdadera.
- d) Falsa. Es una palanca de tercer género.

4.28 Dos personas quieren transportar un saco de 60 kg con una barra de 180 cm de longitud cuyos extremos apoyan en sus hombros. Calcula en qué punto de la barra colgarán el saco si una persona debe hacer doble fuerza que la otra.

$$F_2 = 2 F_1$$

Tomando los momentos respecto del punto O: $F_1 \cdot (1,8 - d) = F_2 d \Rightarrow F_1 \cdot (1,8 - d) = 2 F_1 d$.

$$d = 0,60 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

- 4.29 Puedes aprender más sobre las máquinas simples en la dirección de internet que se indica más abajo. Después de consultar la página, señala qué contrapartidas o inconvenientes tiene levantar sin esfuerzo pesos con una polea móvil.

www.e-sm.net/fq4eso06

La longitud de la cuerda que se emplea en la polea móvil debe ser varias veces mayor que si se empleara una polea fija. Además, se necesita un poco más de tiempo.

- 4.30 Marta ha construido un balancín apoyando una regla de 40 cm por su punto medio en un bolígrafo. Después, ha situado 3 monedas de un euro en la marca "5 cm" de la regla. ¿Cuántas monedas de un euro deberá situar en la marca "29 cm" para equilibrar el balancín?

La fuerza peso es proporcional en cada caso al número de monedas.

El punto de apoyo es la marca "20 cm".

Las distancias al punto de apoyo son 15 cm (20 – 5) y 9 cm (29 – 20).

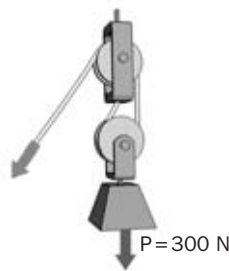
Igualando los momentos respecto al punto de apoyo:

$$3 \cdot 15 = n \cdot 9 \Rightarrow n = 5 \text{ monedas}$$

- 4.31 Razona en qué género de palanca la potencia es siempre mayor que la resistencia. En este caso, ¿qué ventaja tiene el uso de la palanca?

En las palancas de tercer género, porque el brazo de la resistencia es mayor que el brazo de la potencia. Tienen la ventaja de aplicar la fuerza en un punto en el que sería inconveniente o difícil aplicar la potencia; por ejemplo, la caña de pescar.

- 4.32 Calcula qué fuerza hay que aplicar para levantar el peso de la figura.

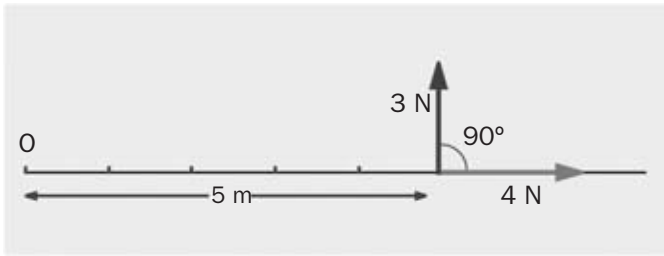


$$F = \frac{P}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ N}$$

- 4.33 Comenta la siguiente frase atribuida a Arquímedes sobre la utilidad de la palanca: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo".

Según la ley de la palanca ($P \cdot b_p = R \cdot b_R$), si el brazo de potencia es suficientemente largo, con una fuerza P muy pequeña se podría vencer una resistencia R muchísimo mayor. Por ello, Arquímedes afirmaba que si pudiera aplicar una pequeña fuerza con un brazo de potencia muy grande (un buen punto de apoyo), podría levantar un peso enorme.

4.34 Dado el sistema de fuerzas de la figura:



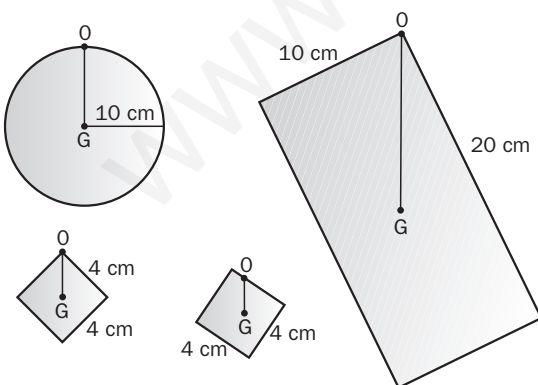
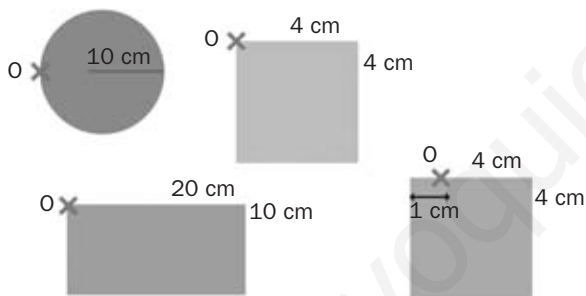
Calcula el momento de fuerza resultante respecto al punto O.

El momento de la fuerza de 3 N es: $M = 3 \cdot 5 = 15 \text{ N m}$.

El momento de la fuerza de 4 N es 0, porque la distancia desde O hasta la dirección de la fuerza es 0. Por tanto, el momento total del sistema de fuerzas es:

$$M = 15 + 0 = 15 \text{ N m}$$

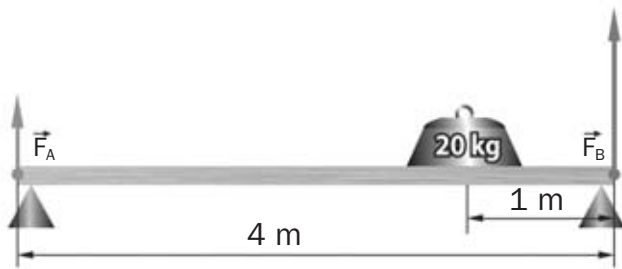
4.35 Dibuja la posición que adoptan las siguientes láminas planas cuando se cuelgan del punto O.



4.36 Explica por qué un sólido puede estar en movimiento, aunque sean nulos la fuerza resultante y el momento resultante de las fuerzas que actúan sobre él.

Si la fuerza resultante y el momento resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo son nulos, este cuerpo no varía su estado de movimiento, pero si tenía un movimiento uniforme, continúa con él.

4.37 Una tabla de 40 kg de masa y 4 m de longitud se apoya en dos soportes, A y B. Se sitúa sobre la tabla un bloque de 20 kg a 1 m del soporte B.



- Calcula el peso de la tabla.
- Señala la posición del centro de gravedad (cdg) de la tabla.
- Halla el valor de las fuerza F_A y F_B ejercidas por cada soporte sobre la tabla para que el sistema esté en equilibrio. (Sugerencia: toma los momentos de fuerza respecto al punto A.)

a) Peso de la tabla: $P = 40 \cdot 9,8 = 392 \text{ N}$.

b) Está en el punto medio entre los soportes A y B. En él está aplicada la fuerza peso de 392 N.

c) Peso del bloque: $P = 20 \cdot 9,8 = 196 \text{ N}$.

Primera condición de equilibrio: $\Sigma F = 0 \Rightarrow F_A + F_B - 196 - 392 = 0 \Rightarrow F_A + F_B = 588 \text{ N}$.

Segunda condición de equilibrio: $\Sigma M = 0 \Rightarrow F_B \cdot 4 = 196 \cdot 3 + 392 \cdot 2$.

Las soluciones del sistema anterior son: $F_A = 245 \text{ N}$; $F_B = 343 \text{ N}$.

TRABAJO EN EL LABORATORIO

1 Diseña una experiencia para estudiar el valor y la dirección de la resultante de dos fuerzas paralelas de sentidos opuestos.

- La experiencia sería idéntica a la propuesta para componer fuerzas del mismo sentido.
- La diferencia estaría en la interpretación de las fuerzas: la de uno de los extremos y la del punto intermedio serían las fuerzas en sentidos opuestos que estaríamos componiendo; la del otro extremo sería la resultante.
- Habría que comprobar que la resultante tiene la dirección y el sentido de la fuerza mayor, su módulo es la diferencia de los módulos de las fuerzas que se componen y su punto de aplicación, que está fuera del segmento que une los puntos de aplicación, cumple $F_1 d_1 = F_2 d_2$, siendo d_1 y d_2 las distancias respectivas de las fuerzas a la resultante.

2 Construye una balanza romana aprovechando la varilla horadada utilizada en la experiencia.

Se cuelga la varilla horadada por el centro y en los extremos, a la misma distancia, se cuelgan dos platillos. Un ejemplo de balanza sería el siguiente:

