Solución Actividades Tema 5 LAS FUERZAS. PRESIÓN ATMOSFÉRICA E HIDROSTÁTICA

Actividades de la Unidad

2. Indica si está actuando alguna fuerza en las siguientes situaciones cotidianas. Cuando así sea, distingue de qué fuerza se trata y el efecto o los efectos que produce:

a) Una piedra cae al suelo.

Aunque en principio podría pensarse que en el caso de una piedra que cae hacia el suelo no existen fuerzas implicadas, realmente la piedra cae por la acción de la fuerza de atracción que la Tierra ejerce sobre ella. El efecto es el movimiento.

b) Un futbolista chuta un penalti.

El futbolista ejerce una fuerza sobre el balón al chutar con el pie, de modo que sale lanzado hacia la portería (movimiento).

c) Un libro se encuentra sobre una estantería.

Sobre
el libro que se encuentra en la estantería actúan dos fuerzas, una fuerza de atracción que ejerce la Tierra y tiende a hacer que el libro caiga, y otra fuerza igual pero contraria que ejerce la estantería sobre el libro, e impide que caiga. No se observan efectos porque ambas fuerzas se oponen y contrarrestan sus efectos.

d) Una astronauta en ingravidez se halla en reposo.

Suponiendo que el astronauta no se encuentra bajo la acción de ningún campo gravitatorio, es decir, se encuentra en situación de ingravidez, podremos considerar que sobre él no actúa ninguna fuerza.

e) Un objeto de hierro es atraído por un imán.

El objeto de hierro se ve afectado por una fuerza magnética de atracción que ejerce el imán sobre él y tiende a levantarlo hasta quedar pegado, aunque también sufre una fuerza de atracción gravitatoria debida a la Tierra. Según el valor de ambas fuerzas, el objeto se moverá hacia el imán, o quedará en reposo.

3. Realiza estas conversiones de unidades de fuerza:

a) 4 N en kp. b) 50 dinas en N. c) 20 kp en N.

Teniendo en cuenta las equivalencias, realizaremos las conversiones del siguiente modo: 1 N = 105 dinas; 1 kp = 9,8 N

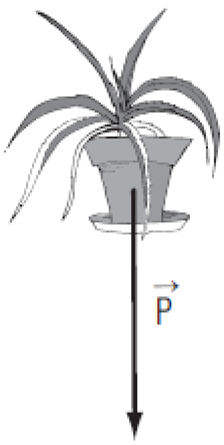
$$a)\ F = 4\ \text{N} \cdot \frac{1\ \text{kp}}{9{,}8\ \text{N}} = 0{,}41\ \text{kp}.$$

$$b)\ F = 50\ \text{dinas} \cdot \frac{1\ \text{N}}{10^5\ \text{dinas}} = 5 \cdot 10^{-4}\ \text{N}.$$

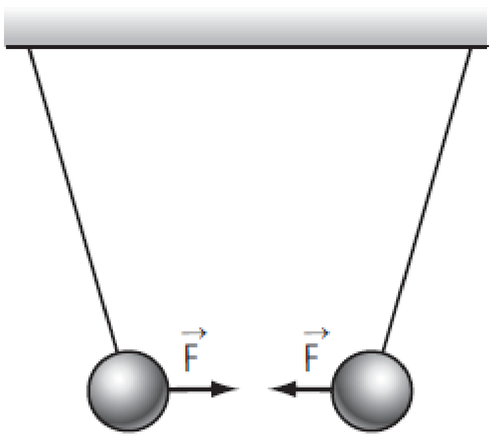
$$c)\ F = 20\ \text{kp} \cdot \frac{9{,}8\ \text{N}}{1\ \text{kp}} = 196\ \text{N}.$$

5. Pon dos ejemplos de situaciones reales en las que actúen fuerzas de contacto y otros dos ejemplos en los que actúen fuerzas a distancia. Describe exactamente la situación en cada caso y dibuja los vectores que representan cada fuerza.

Las fuerzas gravitatoria y electromagnética son fuerzas a distancia. Por tanto, son ejemplos de este tipo de interacción la atracción eléctrica que ejercen entre sí dos partículas cargadas eléctricamente, con distinto signo, o una maceta que se descuelga de un alféizar y cae debido a la atracción que la Tierra ejerce sobre ella.

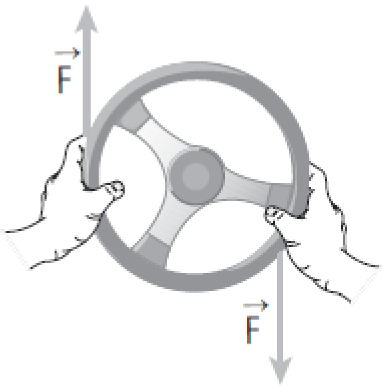


La maceta cae libremente atraída por la Tierra, que ejerce una fuerza a distancia sobre ella.

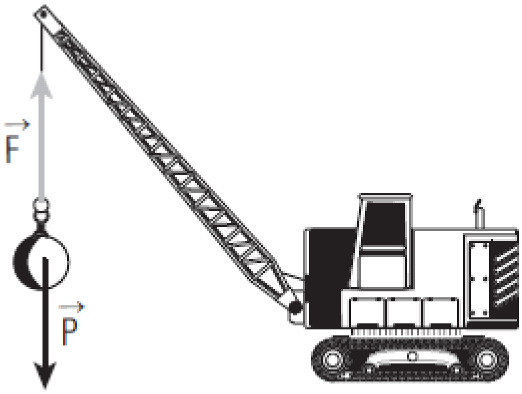


Las esferas se atraen adistancia con una fuerza proporcional al valor de sus cargas.

Las fuerzas de contacto se producen por interacción de unos cuerpos con otros, siempre que exista un contacto físico entre ellos, como es el caso de una persona que hace girar un volante, o un objeto que es levantado por una grúa.



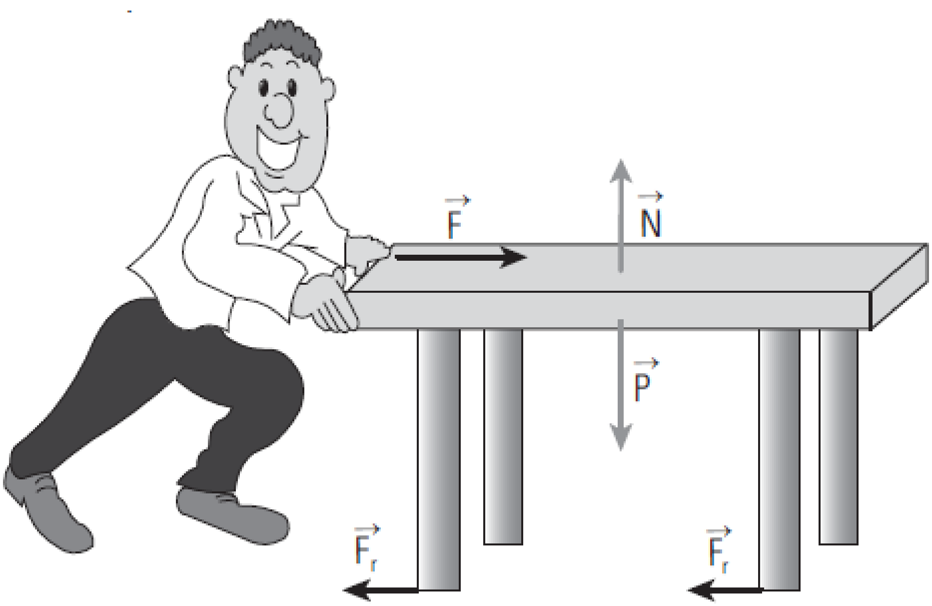
Las manos del conductor ejercen fuerzas de contacto sobre el volante que lo hacen girar



A través del cable, la grúa ejerce una fuerza de contacto sobre el objeto, que es levantado en consecuencia.

6. Dibuja, mediante vectores, las fuerzas que actúan cuando una persona empuja una mesa muy pesada para trasladarla.

Sobre la mesa actúan la fuerza de contacto que la persona ejerce sobre ella al empujarla, y las fuerzas de rozamiento que surgen como consecuencia del arrastre de la mesa sobre el suelo. Estas fuerzas de rozamiento son contrarias al movimiento que experimenta la mesa. Además de estas, la mesa experimenta una fuerza de atracción gravitatoria (peso), cuyo valor influye directamente sobre las fuerzas de rozamiento, que son mayores a medida que lo es el peso.



7. Representa las fuerzas que actúan mediante vectores y halla la fuerza resultante en cada caso:

a) Dos fuerzas de la misma dirección y sentido contrario de 5 N y 12 N.

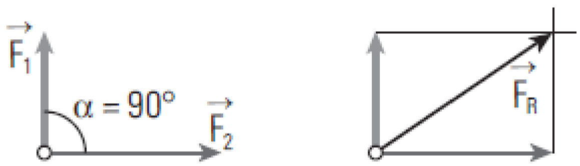
Son fuerzas de la misma dirección y sentido contrario por lo que se restan sus módulos. La resultante tiene la misma dirección que las fuerzas de partida y el sentido de la de mayor módulo.

$$F_R = F_2 - F_1 = 12\ \text{N} - 5\ \text{N} = 7\ \text{N}$$

b) Dos fuerzas concurrentes perpendiculares de 6 N y 8 N.

Al ser perpendiculares, la fuerza resultante vendrá dada por la diagonal del paralelogramo que forman.

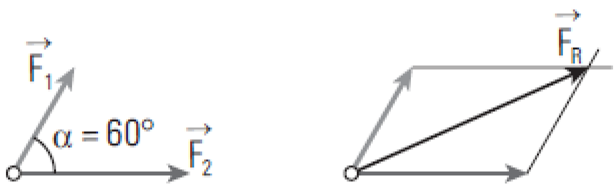
En el cálculo de la resultante, debemos tener en cuenta que cuando las fuerzas son perpendiculares, el coseno del ángulo que forman (90°) es cero.



$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} =$$
$$= \sqrt{(6\ \text{N})^2 + (8\ \text{N})^2 + 2 \cdot 6\ \text{N} \cdot 8\ \text{N} \cdot \cos 90°} = 10\ \text{N}$$

c) Las mismas fuerzas del apartado anterior formando un ángulo de 60°.

En este caso, también la fuerza resultante viene dada por la diagonal del paralelogramo, pero el coseno del ángulo que forman ya no es 0.

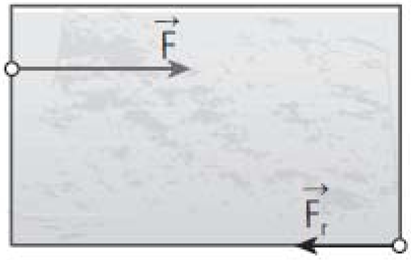


$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} =$$
$$= \sqrt{(6\ \text{N})^2 + (8\ \text{N})^2 + 2 \cdot 6\ \text{N} \cdot 8\ \text{N} \cdot \cos 60°} = 12{,}2\ \text{N}$$

8. Para mover una caja, le aplicamos una fuerza horizontal de 200 N, con la que debemos vencer una fuerza de rozamiento, también horizontal, de 10 N. ¿Qué fuerza resultante actúa sobre la caja? ¿Qué sentido tiene? ¿Qué efecto produce?

Sobre la caja actúan dos fuerzas horizontales, una a favor del movimiento de 200 N, y otra contraria, de rozamiento, de 10 N. La fuerza resultante será igual a 190 N, y tendrá dirección horizontal, y el sentido de la mayor. Como consecuencia, la caja se desplazará en el sentido de la fuerza resultante.

$$F_R = F - F_r = 200\ N - 10\ N = 190\ N$$



9. Indica si un cuerpo, en las siguientes situaciones, se halla o no en equilibrio. Justifica tu respuesta con la representación o los cálculos apropiados.

a) El cuerpo es sometido a dos fuerzas concurrentes de 5 N y 4 N de la misma dirección y sentido contrario.

Las fuerzas tienen la misma dirección y sentido contrario, por lo que la resultante vendrá dada por la diferencia entre ambas. Al calcularla obtenemos que su valor es distinto de cero, porque las fuerzas no están compensadas y el cuerpo no se encuentra en equilibrio.

$$F_R = F_1 - F_2 = 5\ N - 7\ N = 1\ N$$

b) Sobre el cuerpo actúan tres fuerzas concurrentes de la misma dirección, dos de 5 N y 7 N en un sentido y otra de 12 N en sentido contrario.

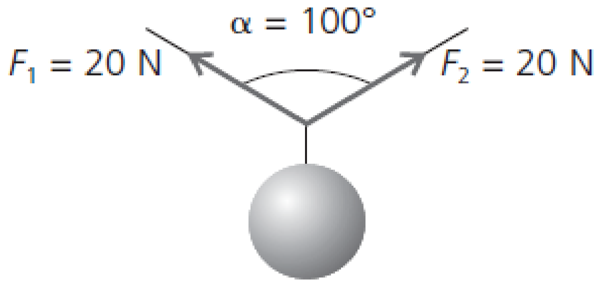
Al calcular el valor de la resultante, obtenemos que es cero, por lo que el cuerpo se encontrará en equilibrio.

$$F_R = F_1 + F_2 - F_3 = 5\ N + 7\ N - 12\ N = 0\ N$$

c) El cuerpo está sometido a dos fuerzas de 4 N de la misma dirección y distinto sentido, cuyos puntos de aplicación se encuentran en rectas paralelas separadas 5 cm.

Se trata de un par de fuerzas. Aunque las fuerzas aplicadas tienen la misma dirección y distinto sentido, al tener diferente punto de aplicación, no se encuentran en equilibrio; su efecto es producir el giro del cuerpo.

10. Una bola se halla sujeta por una cuerda.



a) ¿Qué fuerzas actúan sobre ella?

Sobre la bola actúan dos fuerzas, el peso o fuerza de atracción gravitatoria, y la fuerza que el hilo ejerce evitando que caiga hacia el suelo, que viene dada por la resultante de las dos fuerzas indicadas en el dibujo, $F_{1,2}$.

$$F_{1,2} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} =$$
$$= \sqrt{(20\ \text{N})^2 + (20\ \text{N})^2 + 2 \cdot 20\ \text{N} \cdot 20\ \text{N} \cdot \cos 100°} = 25{,}7\ \text{N}$$

b) ¿Se encuentra la bola en equilibrio?

La bola se encuentra en reposo, porque el peso y la fuerza que el hilo ejerce sobre él tienen el mismo valor pero sentido contrario. Ambas fuerzas están compensadas, y la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre este objeto es cero.

c) Calcula el peso de la bola.

Como la bola está en equilibrio, el peso debe ser igual a la fuerza calculada anteriormente, que ejerce el hilo sobre ella, por lo que el peso de la bola será igual a 25,7 N.

11. Un muelle de 20 cm se alarga 5 cm cuando se le aplica una fuerza de 120 N.

a) Calcula su constante elástica mediante la ley de Hooke.

Con los datos de que disponemos, y despejando de la ley de Hooke, podemos calcular el valor de la constante elástica del muelle. Debemos, no obstante, tener en cuenta que el alargamiento se ha de sustituir en metros (Δl = 5 cm = 0,05 m) para obtener directamente la constante en unidades del S.I. (N/m):

$$F = k \cdot \Delta l \Rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{120\ \text{N}}{0{,}05\ \text{m}} = 2\,400\ \text{N/m}$$

b) ¿Qué alargamiento se observará si se le aplican 140 N?

Considerando la constante calculada para el muelle, se puede calcular el alargamiento que experimentará al aplicar una fuerza de 140 N:

$$F = k \cdot \Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{F}{k} = \frac{140\ \text{N}}{2\,400\ \text{N/m}} = 0{,}058\ \text{m} = 5{,}8\ \text{cm}$$

c) ¿Necesitamos el valor de la constante para hacer el cálculo del apartado b)?

No necesariamente, si disponemos de los datos del enunciado. En este caso, podemos plantear una relación de proporcionalidad directa utilizando esos datos, pues la fuerza y el alargamiento son directamente proporcionales, según la ley de Hooke.

d) ¿Qué fuerza es necesaria para producir un alargamiento de 2 cm?

Al igual que en el caso anterior, si disponemos del valor de la constante, podemos calcular la fuerza necesaria para provocar un alargamiento de 2 cm = 0,02 m utilizando la ley de Hooke:

$$F = k \cdot \Delta l \quad \Rightarrow \quad F = 2400\ N/m \cdot 0{,}02\ m = 48\ N$$

12. La escala de un dinamómetro va desde 0 hasta 100 N. ¿Qué puede ocurrir si le aplicamos una fuerza de 200 N?

Si intentamos aplicar a un dinamómetro una fuerza mayor de la que aparece indicada en el máximo de su escala, podemos llegar a superar su límite elástico, y deformar el muelle de manera permanente, por lo que quedaría inservible.

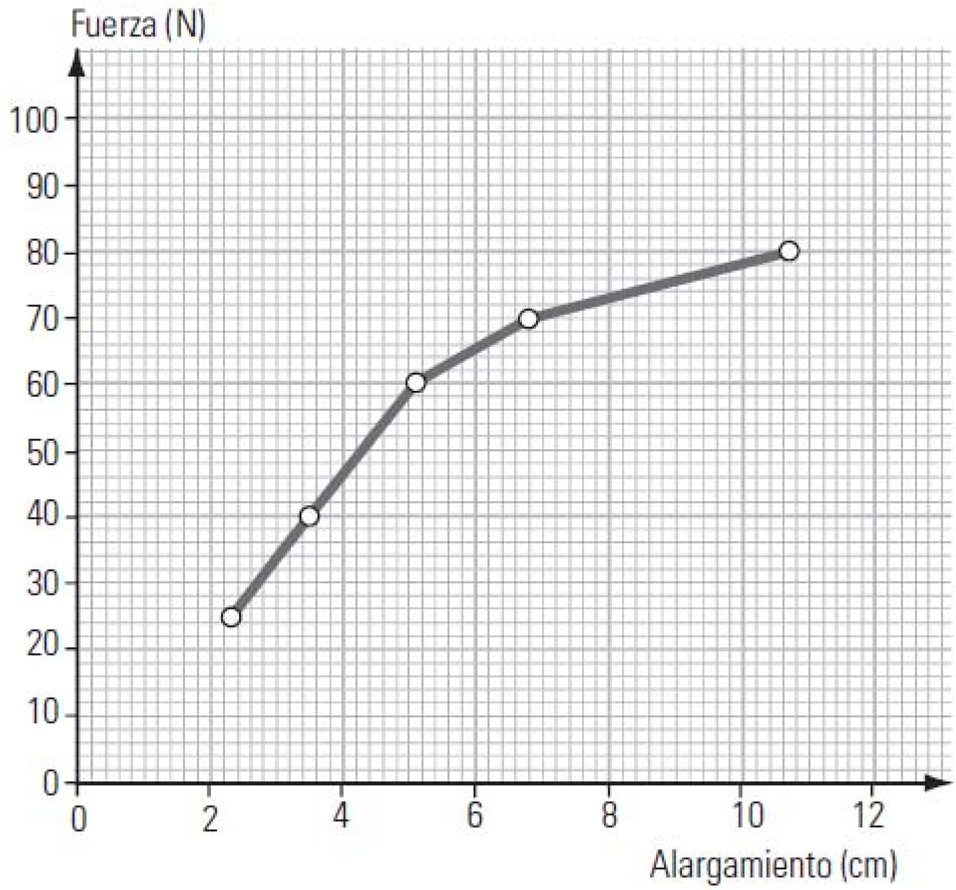
Para evitar esto, el dinamómetro suele tener un tope que impide su utilización con fuerzas superiores a las que en principio son recomendables.

13. Mercedes está construyendo un dinamómetro casero y necesita saber hasta qué valor máximo de fuerza podrá llegar la escala. Para eso, va colgando del gancho pesas cada vez mayores y registra los valores de alargamiento correspondientes. Los datos son los que recoge esta tabla:

Fuerza (N)	25	40	60	70	80
Alargamiento (cm)	2,3	3,5	5,1	6,8	10,7

a) Representa gráficamente los datos de fuerza frente a alargamiento. ¿Qué tipo de gráfica se obtiene? ¿Cómo podemos interpretarla?

La gráfica tiene dos tramos perfectamente diferenciados. El primero es una línea recta y el segundo es una curva. La ley de Hooke se cumple solo en el primer tramo.



b) De acuerdo con la gráfica anterior, ¿qué valor debe poner Mercedes como máximo de la escala para que el dinamómetro sea fiable? ¿En qué te basas para obtener ese valor?

El máximo de la escala debe ser 60 N, pues la ley de Hooke, en la que se basa el funcionamiento del dinamómetro, solo se cumple hasta ese valor, de acuerdo con la gráfica anterior.

14. Calcula, aplicando la fórmula que la define, la presión en los siguientes casos:

a) Una fuerza de 70 N actúa sobre una superficie de 20 cm^2.

La presión se calculará como el cociente entre la fuerza (70 N) y la superficie de contacto (20 cm^2 = 0,002 m^2):

$$p = \frac{F}{S} = \frac{70\ \text{N}}{0{,}002\ \text{m}^2} = 35\,000\ \text{Pa}$$

b) Una fuerza de 16 000 dinas actúa sobre un círculo de radio 2 cm.

En este caso, se aplica una fuerza de 16 000 dinas = 0,16 N, y la superficie de contacto viene dada por un círculo de radio 2 cm = 0,02 m y superficie S = 3,14 · (0,02 m) 2 = 1,3 · 10^{-3} m^2.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{0{,}16\ \text{N}}{1{,}3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2} = 123{,}1\ \text{Pa}$$

15. Un alfiler puede pincharnos el dedo si lo presionamos con fuerza. ¿Cómo explicas que un faquir se tienda sobre un «lecho de alfileres» sin sufrir ningún daño?

Si el faquir apoyase todo su peso sobre una sola de las púas o agujas de la plancha, ejercería una gran presión, tal que acabaría dañándose o perforando su piel; sin embargo, al aumentar considerablemente el número de agujas, también lo hace la superficie de contacto entre su cuerpo y estos objetos punzantes, de modo que disminuye la presión que ejerce sobre las mismas, evitando pincharse.

16. Realiza un cálculo aproximado del peso de la columna de aire que soporta una persona erguida. Utiliza la fórmula que define la presión, el valor de la presión atmosférica y la superficie aproximada de la cabeza de una persona adulta. El resultado te sorprenderá.

El peso de la columna de aire se calculará multiplicando la presión soportada (1 atm = 101 325 Pa) por la superficie (200 cm^2 = 0,02 m^2):

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 101\,325\ \text{Pa} \cdot 0{,}02\ \text{m}^2 = 2\,027\ \text{N}$$

Esta fuerza equivale aproximadamente al peso de un saco de 200 kg.

18. Sabiendo que la densidad del agua del mar es aproximadamente 1150 kg/m^3, calcula la presión hidrostática que soporta un submarinista a

35 m de profundidad. ¿Por qué es necesario realizar una descompresión gradual antes de subir a la superficie?

Considerando la fórmula para calcular la presión hidrostática, y que todas las magnitudes han de sustituirse en unidades del S.I. para obtener el valor de la presión en pascales, tendremos:

$$p = h\ d\ g = m\ 1150\ kg/m\ 9{,}8\ m/s = 394\ 450\ Pa = 3{,}9\ atm$$

El submarinista se somete a una presión cuatro veces mayor que la que soporta en la superficie. Si no realiza una descompresión gradual, es decir, asciende hacia la superficie lentamente, con paradas para ir readaptando su organismo a la presión normal, puede sufrir graves consecuencias sobre su salud.

20. El émbolo pequeño de una prensa hidráulica tiene una superficie de 45 cm2. Si queremos que una fuerza aplicada de 30 N dé lugar a una fuerza de 250 N, ¿qué superficie debe tener el émbolo mayor?

Aplicando la fórmula de la prensa hidráulica, tenemos:

$$S_2 = 45\ cm^2 \cdot 250\ N / 30\ N = 375\ cm^2$$

21. En los talleres de automóviles es habitual el uso de elevadores hidráulicos para levantar los vehículos. ¿Cómo funcionan estos dispositivos? ¿Es necesario aplicar una gran fuerza para conseguir elevar un coche?

El gato hidráulico que se utiliza en muchos talleres de reparación de automóviles se fundamenta en el principio de Pascal, según el cual la presión se transmite por igual a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente.

La relación entre la fuerza ejercida y la obtenida como consecuencia de ello, dependerá de la relación que guarden entre sí las superficies de los émbolos del dispositivo. Así, si la superficie del émbolo mayor es 10 veces mayor que la del más pequeño, la fuerza obtenida también será 10 veces mayor que la aplicada. La utilidad del elevador hidráulico radica en que, con una fuerza pequeña, podemos levantar un pesado objeto, como es un coche.

22. Una esfera de 35 cm3 de volumen y 200 g de masa se sumerge completamente en agua. Teniendo en cuenta que la densidad del agua vale 1 000 kg/m3, haz los cálculos necesarios para determinar si se hunde o flota.

El que la esfera se hunda o flote dependerá de la relación que guarden entre sí la fuerza de empuje que experimenta y el peso. Si la fuerza de empuje es mayor, flotará, mientras que si es menor que el peso se hundirá:

$$P = g = 0{,}2\ kg\ 9{,}8\ m/s = 1{,}96\ N$$

$$E = V_{sumergido} \cdot d_{líquido} \cdot g = 3{,}5\ 10^{-5}\ m^3 \cdot 1000\ kg/m^3 \cdot\ 9{,}8\ m/s^2 = 0{,}34\ N$$

La esfera se hundirá porque el empuje es menor que su peso.

23. Sin conocer el principio de Arquímedes, la mayoría de las personas creen que los objetos ligeros flotan, mientras que se hunden los más pesados. ¿Es correcta esta creencia? Aclara tu respuesta con algunos ejemplos.

Decir que un objeto ligero flota mientras que uno pesado se hunde es incorrecto. Lo correcto es hablar de densidades, y decir que flotarán en agua todos aquellos objetos cuya densidad es menor que la de este líquido.

Como ejemplo podemos pensar en un gran bloque de madera, que es bastante pesado debido a su tamaño, pero sin embargo flota con facilidad en el agua, dado que la madera es menos densa que el agua.

24. Calcula la densidad de la esfera de la actividad 22. ¿Confirma este cálculo la conclusión que obtuviste al resolver ese ejercicio anteriormente?

La masa de la esfera es 200 g, mientras que su volumen es 35 cm^3. La densidad se calcula como el cociente entre la masa y el volumen, que para la esfera es 5,7 g/cm^3, mayor que la del agua, cuya densidad es 1 g/cm^3. Esto confirma la deducción de que la esfera debe hundirse en el agua.

25. En una probeta tenemos 50 mL de agua y echamos un dado de madera, que queda flotando sobre el líquido. Al mirar el nivel del agua, observamos que ha subido hasta 52,5 mL. ¿Qué volumen del dado ha quedado sumergido? Calcula el peso del dado, aplicando el principio de Arquímedes.

El incremento de volumen de líquido en el nivel de la probeta, que es de 2,5 mL = 2,5 cm^3, corresponde a la porción del dado que ha quedado sumergida. Con este dato, y utilizando el principio de Arquímedes, es posible calcular el peso del dado, teniendo en cuenta que el dado flota en equilibrio sobre el líquido porque su peso y la fuerza de empuje tienen el mismo valor:

$$P = E \quad \Rightarrow \quad E = V_{sumergido} \cdot d_{líquido} \cdot g =$$
$$= 2{,}5\ 10^{-6}\ m^3 \cdot 1000\ kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ N$$

El peso del dado será de 0,025 N, por lo que su masa será:

$$m = \frac{p}{g} = 0{,}0026\,kg = 2{,}6\,g$$

26. Un tapón de corcho de 3 g de masa y 8,5 cm3 de volumen se lanza a un barreño con agua. ¿Qué porcentaje de su volumen permanecerá sumergido?

Calcularemos en primer lugar el peso del tapón, y considerando que cuando está flotando en el agua el peso y la fuerza de empuje tienen el mismo valor, despejaremos del principio de Arquímedes el volumen sumergido:

$$P = m \cdot g = 0{,}003\ kg \cdot 9{,}8\ m/s2 = 0{,}03\ N$$
$$P = E \quad \Rightarrow \quad E = V_{sumergido}\ d_{líquido}\ g = 0{,}03\ N$$

$$V_{sumergido} = \frac{0{,}03\,N}{d_{agua\cdot}\ g} = \frac{0{,}03\,N}{1000\,kg/m^3 \cdot 9.8\,m/s^2} =$$
$$= 3{,}1 \cdot 10^{-6}\,m^3 = 3{,}1 cm^3$$

Si el volumen total del tapón es 8,5 cm^3, se habrá sumergido un 3,1·100/8,5 = 36,5 % del mismo.

2. Acabamos de ver que las cabinas de los aviones están presurizadas, debido a la gran diferencia existente entre la presión exterior y la presión a la que estamos acostumbrados en la superficie terrestre.

¿Qué sucedería en caso de rotura del fuselaje del avión?

Como la presión en el exterior del avión es bastante menor que dentro de la cabina, el aire tendería a salir bruscamente hacia fuera del avión, para así igualar las presiones. Esta despresurización repentina provocaría falta de oxígeno en los pasajeros, que para ese caso disponen de una mascarilla, además de descompensación de su sistema circulatorio y problemas en el oído.

Actividades finales

4. Cuando empujamos contra una pared, no observamos ningún efecto aparente.

a) ¿Estamos aplicando fuerza? ¿Por qué no se producen efectos?

Al empujar la pared ejercemos una fuerza sobre ella, sin embargo no se observa ningún efecto como movimiento o deformación, porque hay otras fuerzas implicadas, de modo que la fuerza resultante de todas las que actúan en este caso es cero.

b) Imagina que debes demostrar la existencia de fuerzas a alguien que jamás ha estudiado Física.

Diseña un experimento sencillo para poner de manifiesto las fuerzas que intervienen.

Para comprobar la existencia de fuerzas en este caso podemos situar entre nuestras manos y la pared una porción de una sustancia plástica. Al empujar la pared, la fuerza ejercida deformará la sustancia, poniendo así de manifiesto la existencia de dicha fuerza.

5. En un laboratorio están probando la resistencia de unos nuevos materiales. Cada uno ha sido probado por una persona diferente, que ha determinado la máxima fuerza que pueden soportar sin romperse. Estos son los resultados:

Material	Fuerza
A	350 N
B	340 000 dina
C	37 kp
D	3 kN
E	0,5 Mdina

¿Qué material presenta una resistencia mayor a la rotura?

Realizaremos los cambios de unidades para expresar el valor de la fuerza en newtons, lo cual nos permitirá comparar sus valores:

$$A \rightarrow F = 350\ \text{N}$$

$$B \rightarrow F = 340\,000\ \text{dina} \cdot \frac{1\ \text{N}}{10^5\ \text{dina}} = 3{,}4\ \text{N}$$

$$C \rightarrow F = 37\ \text{kp} \cdot \frac{9{,}8\ \text{N}}{1\ \text{kp}} = 362{,}6\ \text{N}$$

$$D \rightarrow F = 3\ \text{kN} \cdot \frac{10^3\ \text{N}}{1\ \text{kN}} = 3\,000\ \text{N}$$

$$E \rightarrow F = 0{,}5\ \text{Mdina} \cdot \frac{10^6\ \text{dina}}{1\ \text{Mdinas}} \cdot \frac{1\ \text{N}}{10^5\ \text{dina}} = 5\ \text{N}$$

El material que presenta más resistencia es el D, mientras que el B es el que presenta una resistencia menor.

8. Calcula:

a) El peso de un niño de 20 kg.

b) La masa de un jarrón que pesa 39,2 N.

c) El peso de un coche de media tonelada.

Utilizando la fórmula $P = m \cdot g$, bien directamente o despejando de ella, podemos realizar los cálculos que se plantean.
Para ello tendremos en cuenta que el valor de la gravedad es 9,8 m/s^2, y que 1 tonelada equivale a 1 000 kg.

a) $P = m \cdot g = 20\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 196\ \text{N}.$

b) $P = m \cdot g \Rightarrow m = \dfrac{P}{g} = \dfrac{39{,}2\ \text{N}}{9{,}8\ \text{m/s}^2} = 4\ \text{kg}.$

c) $P = m \cdot g = 500\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 4\,900\ \text{N}.$

10. Explica por qué la fuerza se debe considerar una magnitud vectorial, sirviéndote de un ejemplo para ilustrar tu explicación. ¿Significa eso que no nos basta con conocer su valor?

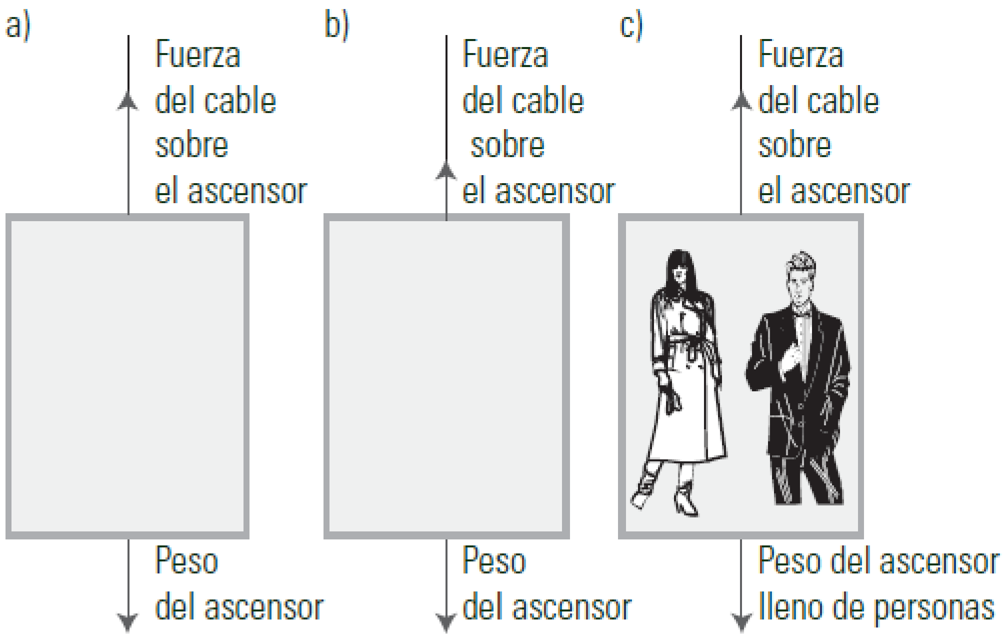
Las fuerzas son magnitudes vectoriales, porque además de su valor o intensidad, es necesario conocer la dirección y el sentido en que se aplican, pues según estos parámetros, los efectos de su aplicación pueden ser diferentes.

Por ejemplo, considerando un libro que está sobre una mesa al que aplicamos una fuerza, si empujamos hacia el borde, el libro caerá, pero si lo hacemos en dirección contraria se alejará del borde de la mesa. Si la fuerza se aplica en dirección vertical y hacia arriba, el libro será levantado de la mesa, mientras que si es vertical y hacia abajo, no se moverá. No obstante, en ocasiones puede bastarnos con saber su valor para resolver una situación física determinada.

11. Representa mediante vectores las fuerzas que intervienen en las siguientes situaciones:

a) Un ascensor vacío que sube.
b) Un ascensor vacío que baja.
c) Un ascensor lleno de gente que sube.

En todos los casos, debemos representar dos fuerzas, el peso del ascensor, o del ascensor y las personas por un lado, y la fuerza que ejerce el cable sobre el ascensor por otro. En el caso de que el ascensor se encuentre en reposo, y comience a ascender, la fuerza del cable deberá ser mayor que el peso (casos a y c), mientras que si el ascensor se encuentra en reposo y comienza a descender, el peso será mayor que la fuerza que el cable ejerce sobre él (caso b).

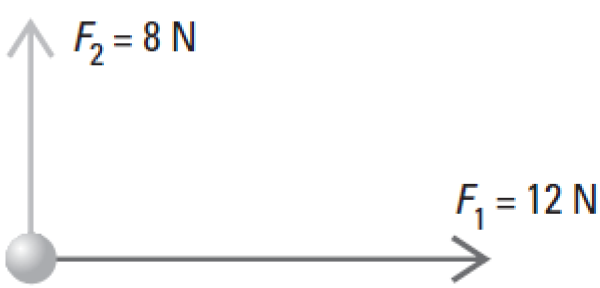


12. ¿En qué consiste la composición de fuerzas? ¿A qué llamamos resultante de varias fuerzas? ¿Qué utilidad puede tener sustituir varias fuerzas por su resultante?

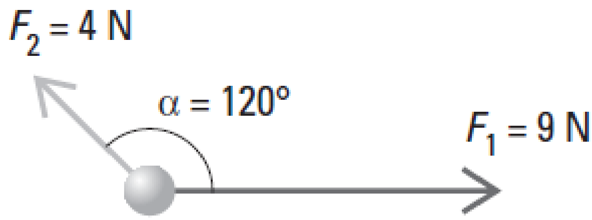
La composición de fuerzas es un procedimiento consistente en obtener una fuerza neta o resultante que resume los efectos de todas las fuerzas que están actuando simultáneamente sobre un sistema físico. La utilidad de esta fuerza resultante es que permite realizar de un modo sencillo una deducción de los efectos que sobre el sistema tienen lugar como consecuencia de la existencia de varias fuerzas actuando sobre él.

13. Calcula la resultante de los siguientes sistemas de fuerzas:

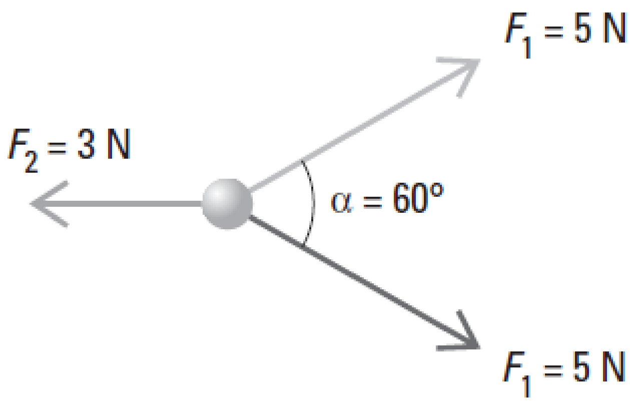
a)



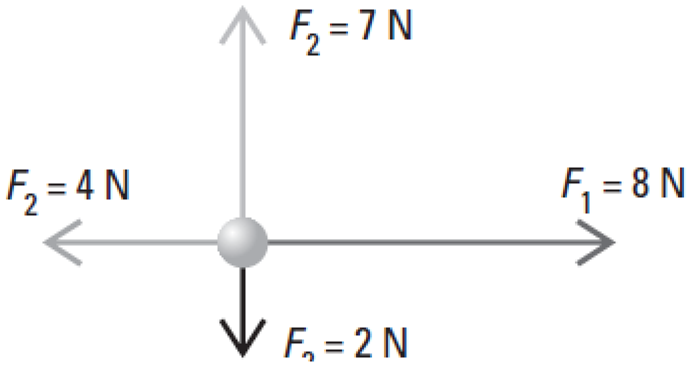
b)



c)

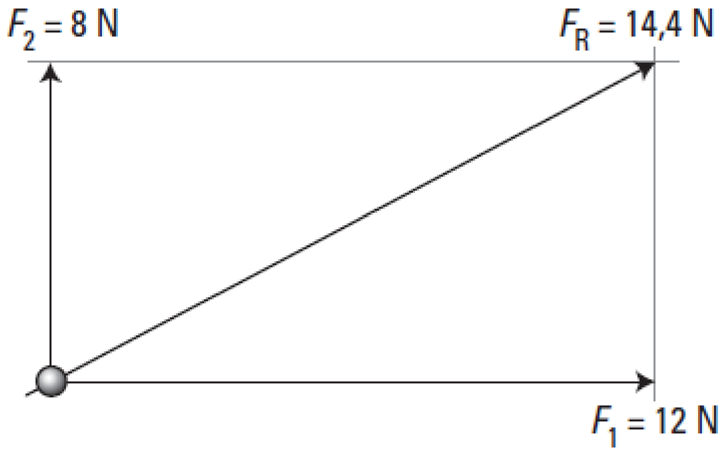


d)



a) En el caso de fuerzas concurrentes que forman un ángulo de 90°, la resultante viene dada por la diagonal del paralelogramo, cuyo módulo se puede calcular matemáticamente del siguiente modo, teniendo en cuenta que el cos 90° = 0.

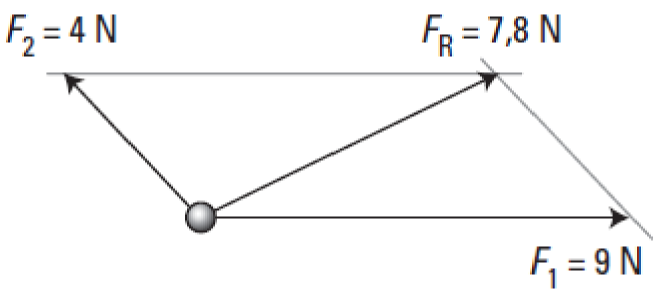
$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} =$$
$$= \sqrt{(12\ \text{N})^2 + (8\ \text{N})^2} = 14{,}4\ \text{N}$$



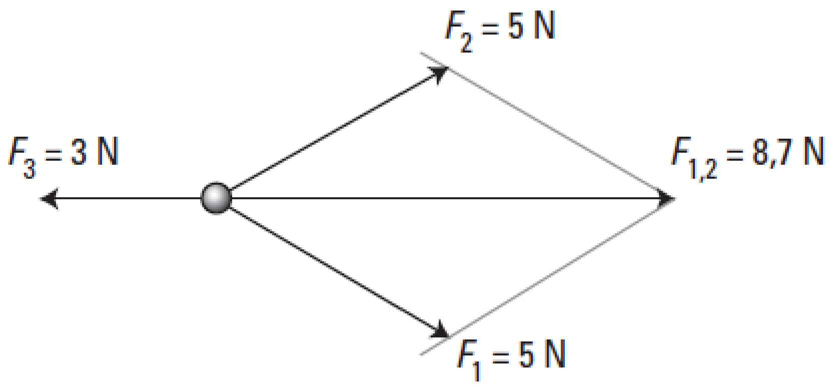
b) Como en el caso anterior, la fuerza resultante se obtiene como la diagonal del paralelogramo, y el módulo con la expresión anterior, considerando que cos 120° = –0,5.

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} =$$

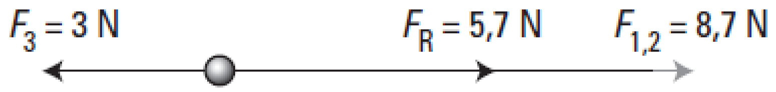
$$= \sqrt{(9\ \text{N})^2 + (4\ \text{N})^2 + 2 \cdot 9\ \text{N} \cdot 4\ \text{N} \cdot \cos 120°} = 7{,}8\ \text{N}$$



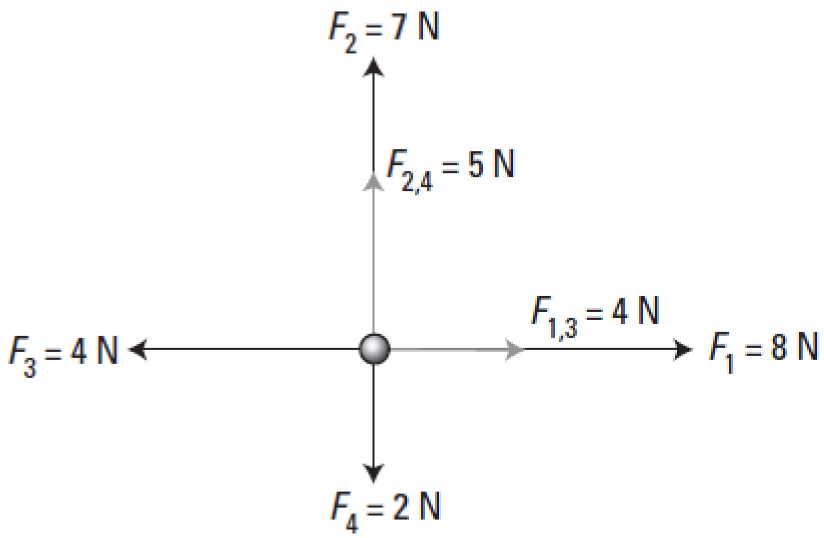
c) En este caso hay tres fuerzas concurrentes actuando sobre el sistema. En primer lugar calcularemos la resultante de las fuerzas 1 y 2, teniendo en cuenta que cos 60° = 0,5. Con la fuerza $F_{1,2}$ calculada y la fuerza F_3, calculamos la resultante total que actúa sobre el sistema. En este último paso tendremos en cuenta que son fuerzas concurrentes, de la misma dirección y sentido contrario, por lo que sus módulos se restan, y la resultante de ambas tiene la misma dirección, y sentido de la mayor.



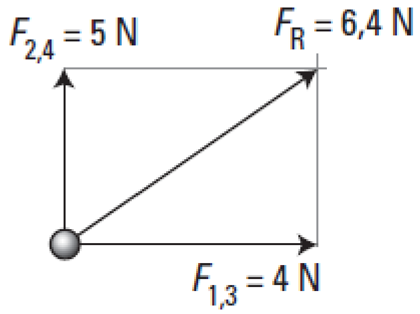
La resultante de este sistema de fuerzas vale 5,7 N.



d) Cuatro fuerzas actúan en este sistema, dos en la dirección vertical y dos en la dirección horizontal. Calcularemos en primer lugar la resultante de las fuerzas que tienen la misma dirección, es decir, de las fuerzas F_2 y F_4 por un lado, y las fuerzas F_1 y F_3 por otro. Finalmente, calculamos la resultante total mediante la regla del paralelogramo, teniendo en cuenta que el cos 90° = 0, que es el ángulo que forman entre sí las fuerzas calculadas:



Aplicando la regla del paralelogramo obtenemos el valor de la resultante de este sistema:



$$F_R = \sqrt{F_{2,4}^2 + F_{1,3}^2 + 2 \cdot F_{2,4} \cdot F_{1,3} \cdot \cos\alpha} = \sqrt{F_{2,4}^2 + F_{1,3}^2}$$

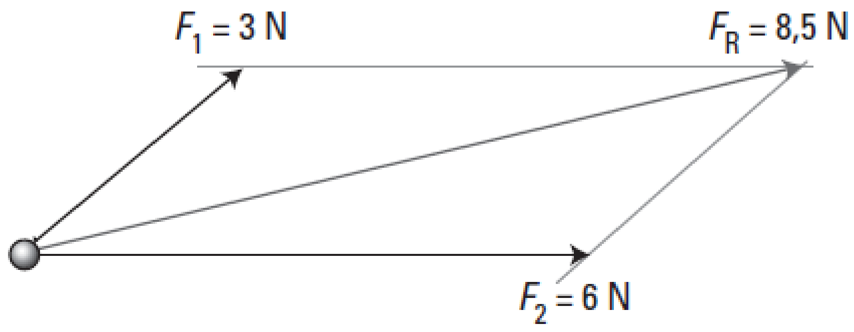
$$F_R = \sqrt{(5\ \mathrm{N})^2 + (4\ \mathrm{N})^2} = 6{,}4\ \mathrm{N}$$

14. Dos fuerzas concurrentes de 3 N y 6 N forman un ángulo de 40°.

a) Representa gráficamente ambas fuerzas y su resultante y calcula el módulo de esta.
b) Si el ángulo aumenta hasta los 65°, ¿cuál es la intensidad de la resultante ahora?

La resultante vendrá dada gráficamente por la diagonal del paralelogramo, y matemáticamente puede calcularse su valor, teniendo en cuenta que el cos 40° = 0,77, y que cos 65° = 0,42.

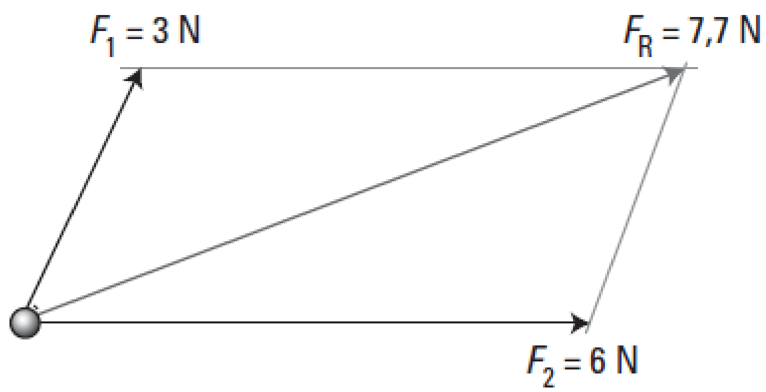
a)



$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} =$$

$$= \sqrt{(3\ \text{N})^2 + (6\ \text{N})^2 + 2 \cdot 3\ \text{N} \cdot 6\ \text{N} \cdot \cos 40^\circ} = 8,5\ \text{N}$$

b)



$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha} =$$

$$= \sqrt{(3\ \text{N})^2 + (6\ \text{N})^2 + 2 \cdot 3\ \text{N} \cdot 6\ \text{N} \cdot \cos 65^\circ} = 7,8\ \text{N}$$

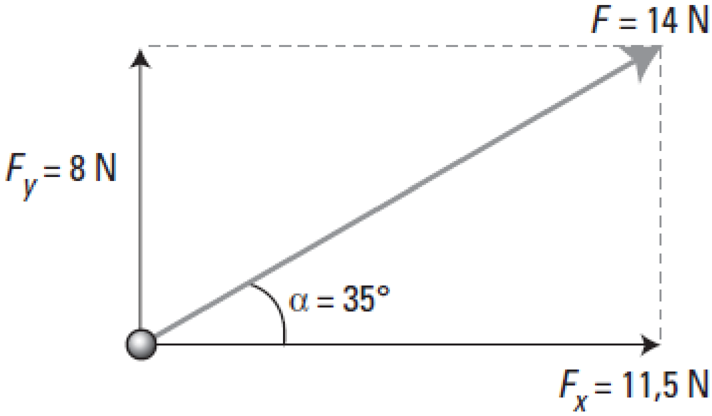
16. Una fuerza de 14 N que forma 35° con la horizontal se quiere descomponer en dos fuerzas perpendiculares, una horizontal y otra vertical.

a) Haz un dibujo en el que se muestre la situación.

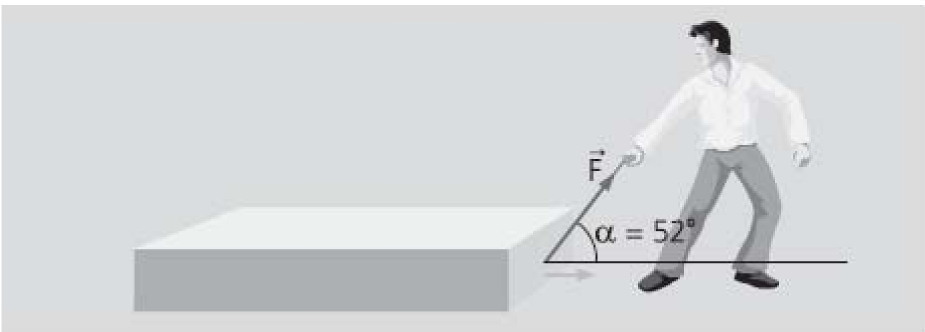
b) Calcula el módulo de las dos fuerzas perpendiculares en que se descompone la fuerza que nos dan.

La fuerza puede descomponerse en dos fuerzas concurrentes en las direcciones horizontal (F_x) y vertical (F_y), según se indica en el dibujo, cuyos módulos pueden calcularse aplicando las relaciones trigonométricas correspondientes:

$F_x = F \cdot \cos \alpha$
$F_y = F \cdot \text{sen}\ \alpha$
$F_x = F \cdot \cos a = 14\ N \cdot \cos 35° = 11{,}5\ N$
$F_y = F \cdot \text{sen}\ a = 14\ N \cdot \text{sen}\ 35° = 8\ N$

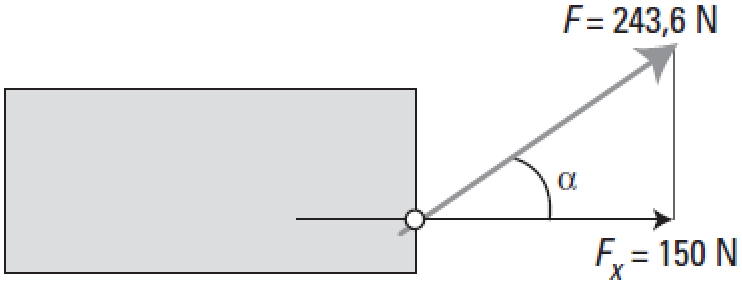


17. Para arrastrar una pesada caja debemos ejercer una fuerza mínima horizontal de 150 N. Para eso, disponemos de una cuerda enganchada a la caja de la que hemos de tirar. Si, una vez cogida la cuerda, forma un ángulo de 52° con la horizontal, ¿qué fuerza mínima debemos realizar tirando de la cuerda para mover la caja?

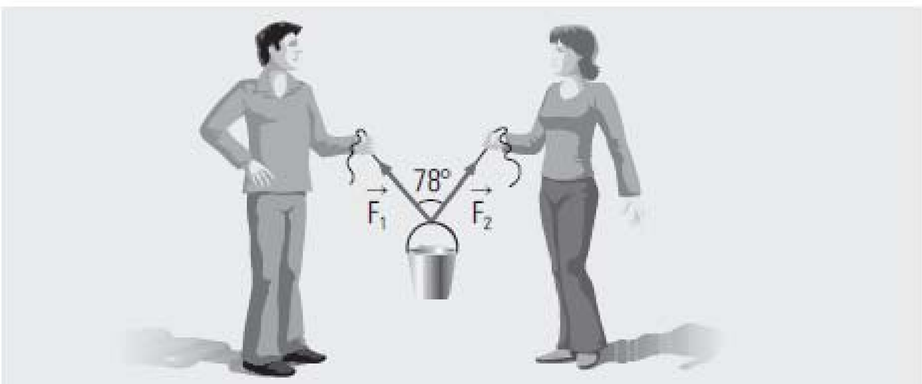


Para que la caja se mueva, la componente de la fuerza en la dirección horizontal debe tener un valor de 150 N. Teniendo en cuenta que esta componente se relaciona con la fuerza aplicada a través de la cuerda mediante el coseno del ángulo que forma la cuerda con la horizontal, podemos calcular el valor de la fuerza con que es necesario tirar de la caja, despejando de la expresión:

$$F_x = F \cdot \cos\alpha \rightarrow F = \frac{F_x}{\cos\alpha} = \frac{150\ \text{N}}{\cos 52°} = 243{,}6\ \text{N}$$



20. Dos personas sostienen un cubo que contiene 10 L de agua enganchado a una cuerda. Si el ángulo que forma la cuerda es de 78° y suponemos que el peso del cubo es despreciable frente al contenido, calcula la fuerza que hace cada persona, considerando que es la misma para ambas. (Dato: densidad del agua = 1 g/cm^3.)



El cubo se encuentra en reposo porque todas las fuerzas que actúan sobre él están equilibradas, es decir, la resultante de todas las fuerzas es cero. Si analizamos detalladamente este sistema físico, deduciremos que el peso del cubo es igual a la resultante de las fuerzas que ejercen las dos personas que lo sostienen. De acuerdo con esto, comenzaremos calculando el peso, considerando que la densidad del agua es 1 g/cm^3, y el volumen contenido en el cubo es 10 L = 10 000 cm^3:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = 1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 10\,000\ \text{cm}^3 = 10\,000\ \text{g}$$

$$P = m \cdot g = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 98\ \text{N}$$

Por tanto, la fuerza resultante de las dos ejercidas por estas personas es 98 N. Con este dato, y considerando que:

$F_1 = F_2 = F$, podemos calcular la fuerza que ejerce cada persona en este caso concreto.

$$F_R = \sqrt{F^2 + F^2 + 2\,F \cdot F \cdot \cos\alpha} = 98\ \text{N}$$

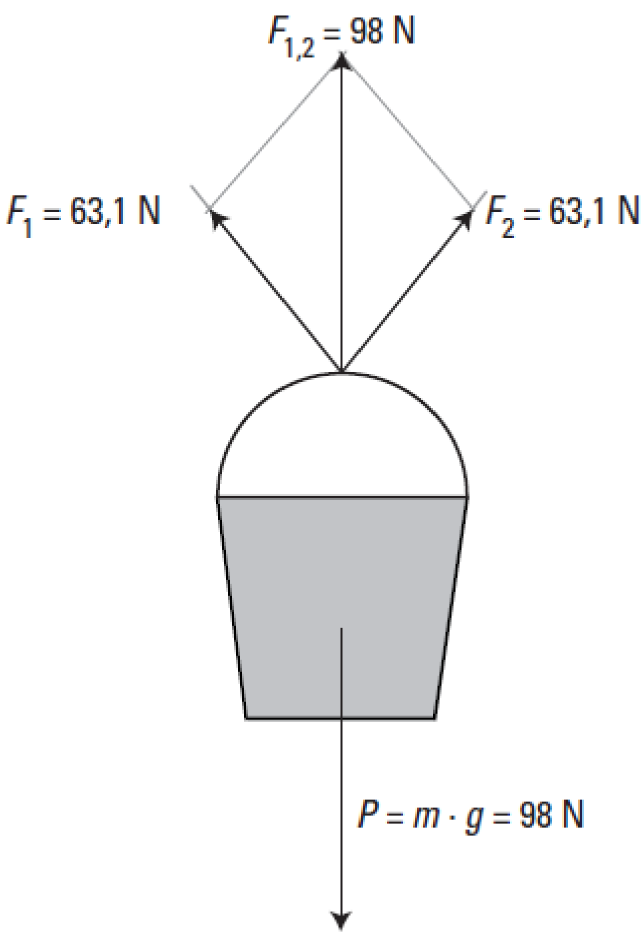
Despejando

$$\sqrt{F^2 \cdot (1 + 1 + 2\cos\alpha)} = 98\ \text{N}$$

$$F \cdot \sqrt{1 + 1 + 2\cos\alpha} = 98\ \text{N}$$

$$F = \frac{98\ \text{N}}{\sqrt{1 + 1 + 2\cos\alpha}} = \frac{98\ \text{N}}{\sqrt{1 + 1 + 2\cos 78^\circ}} =$$

$$= \frac{98\ \text{N}}{\sqrt{2,41}} = 63,1\ \text{N}$$



Cada persona ejerce una fuerza sobre el cubo de 63,1 N.

22. Haz los siguientes cálculos, basados en la ley de Hooke:

a) El alargamiento de un muelle al que se le aplica una fuerza de 45 N y cuya constante vale 2 500 N/m.

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow \Delta l = \frac{F}{k} = \frac{45\ \text{N}}{2\,500\ \text{N/m}} = 0{,}018\ \text{m} = 1{,}8\ \text{cm}$$

b) La constante de un muelle que se alarga 3 cm cuando se le aplica una fuerza de 57 N.

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{57\ \text{N}}{0{,}03\ \text{m}} = 1\,900\ \text{N/m}$$

c) La fuerza necesaria para alargar 4 cm un muelle cuya constante es de 1500 N/m.

$$F = k \cdot \Delta l \quad \Rightarrow \quad F = 1\,500\ N/m \cdot 0{,}04\ m = 60\ N$$

25. Sobre un muelle hemos colgado diferentes pesas de masas 40 g, 80 g, 120 g, 160 g y 200 g. Teniendo en cuenta que la constante del muelle es k = 50 N/m, haz los cálculos necesarios para completar una tabla como la siguiente:

Masa (kg)	Peso (N)	Fuerza aplicada (N)	Alargamiento (cm)

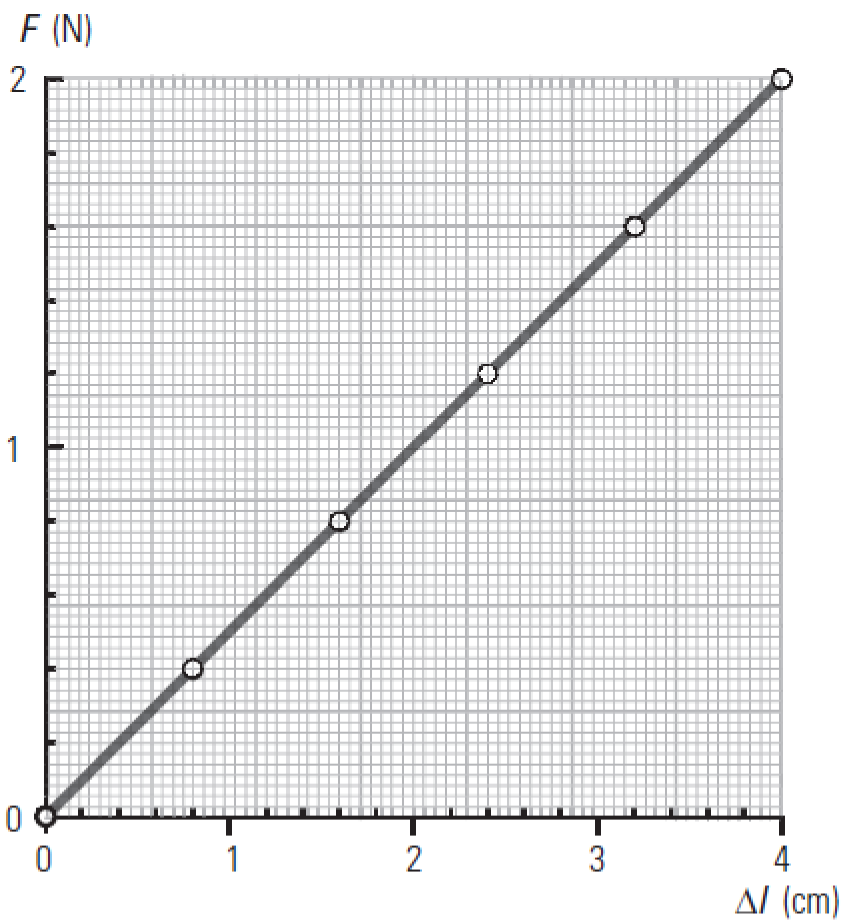
Representa gráficamente los datos de fuerza aplicada frente al alargamiento. ¿Qué dependencia existe entre la fuerza y el alargamiento? Justifica tu respuesta.

Expresadas las masas en kilogramos, el peso lo calcularemos multiplicando en cada caso la masa por el valor de la gravedad (g = 9,8 m/s^2). La fuerza aplicada se corresponde con el peso, al estar el cuerpo en equilibrio, y el alargamiento se calcula despejando de la ley de Hooke

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow \Delta l = \frac{F}{k}$$

Masa (kg)	Peso (N)	Fuerza aplicada (N)	Alargamiento (cm)
0	0	0	0
0,040	0,39	0,39	0,78
0,080	0,78	0,78	1,56
0,120	1,18	1,18	2,36
0,160	1,57	1,57	3,14
0,200	1,96	1,96	3,92

La representación gráfica de los datos obtenidos, frente al alargamiento, debe ser una línea recta, como corresponde a la relación de proporcionalidad que establece la ley de Hooke.



26. Con un dinamómetro hemos obtenido las siguientes medidas, colgándole distintas pesas:

a) ¿Ha funcionado correctamente el dinamómetro con todas las pesas? Compruébalo realizando los cálculos.

El dinamómetro funciona correctamente si mide el peso de las diferentes pesas. Vamos a calcular dichos pesos y los compararemos con las medidas obtenidas:

$m_1 = 50\ g = 0{,}05\ kg \Rightarrow P_1 = m_1 \cdot g = 0{,}05\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 0{,}49\ N.$
$m_2 = 100\ g = 0{,}1\ kg \Rightarrow P_2 = m_2 \cdot g = 0{,}1\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 0{,}98\ N.$
$m_3 = 150\ g = 0{,}15\ k \Rightarrow P_3 = m_3 \cdot g = 0{,}15\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 1{,}47\ N.$
$m_4 = 200\ g = 0{,}2\ k \Rightarrow P_4 = m_4 \cdot g = 0{,}2\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = {,}96\ N.$
$m_5 = 250\ g = 0{,}25\ kg \Rightarrow P_5 = m_5 \cdot g = 0{,}25\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 2{,}45\ N.$
$m_6 = 300\ g = 0{,}3\ kg \Rightarrow P_6 = m_6 \cdot g = 0{,}3\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 2{,}94\ N.$

Según los cálculos, el dinamómetro ha funcionado bien hasta superar el peso de la masa de 200 g. A partir de este valor, las medidas se apartan del valor del peso.

b) ¿Cuál dirías que es la escala de este dinamómetro, aproximadamente?

De acuerdo con lo anterior, la escala llegaría aproximadamente hasta los 2 N.

c) ¿Puedes obtener, a partir de estos datos, la constante elástica del muelle? Responde razonadamente.

Para obtener el valor de la constante necesitaríamos tener, al menos, algún valor del alargamiento. Por tanto, no es posible en este caso.

29. Corrige el error que hay en cada uno de los siguientes enunciados:

a) Para una fuerza dada, cuanto mayor es la superficie, mayor es la presión.

Para una fuerza dada, cuanto mayor es la superficie menor es la presión.

b) Si la superficie es constante, la presión se incrementa cuando disminuye la fuerza.

Si la superficie es constante, la presión disminuye cuando disminuye la fuerza (se incrementa cuando aumenta la fuerza).

c) Una unidad de presión es el kp/cm.

Una unidad de presión es el kp/cm^2.

d) La presión es una magnitud fundamental cuya unidad es el pascal.

La presión es una magnitud derivada cuya unidad es el pascal.

31. Un cubo de plástico tiene una base redonda de 15 cm de diámetro y una capacidad de 5 L. ¿Qué presión soporta cuando está lleno de agua? Considera la densidad del agua como 1 g/cm^3.

Teniendo en cuenta que la densidad del agua contenida en el cubo es 1 g/cm^3 = 1 000 kg/m3, y que el volumen de agua contenido es 5 L = 5 000 cm^3, podemos deducir que el cubo contiene una masa de 5 kg de agua, cuyo peso es:

$$P = m \cdot g = 5\ kg \cdot 9{,}8\ m/s2 = 49\ N$$

Por otro lado, la superficie del cubo se calcula a partir del área del círculo, considerando que su radio es 7,5 cm (la mitad del diámetro). Por tanto, la presión será el cociente entre la fuerza ejercida por el agua (peso) y la superficie de contacto. (πR^2):

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi R^2} = \frac{49\ \text{N}}{3{,}14 \cdot (7{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^2} = 2\,774\ \text{Pa}$$

35. Jaime está reproduciendo el experimento de Torricelli en la azotea de su casa. Cuando ha concluido, observa que la columna de mercurio ha quedado a una altura de 74,9 cm.

a) ¿Qué interpretación podemos dar a este resultado?

La presión atmosférica normal de 1 atm corresponde a una altura de la columna de mercurio igual a 760 mm, por lo que debemos interpretar que está midiendo lo que en meteorología se denomina una «baja presión», que suele estar asociada a un tiempo variable (nuboso).

b) ¿Qué valor tiene la presión atmosférica que ha medido Jaime? Exprésala en las cuatro unidades posibles (mmHg, mbar, atm y Pa).

La presión medida por Jaime, en distintas unidades será:

$$p = 74{,}9\ \text{cmHg} = 749\ \text{mm Hg}$$

$$p = 749\ \text{mmHg} \cdot \frac{1\ \text{atm}}{760\ \text{mmHg}} = 0{,}99\ \text{atm}$$

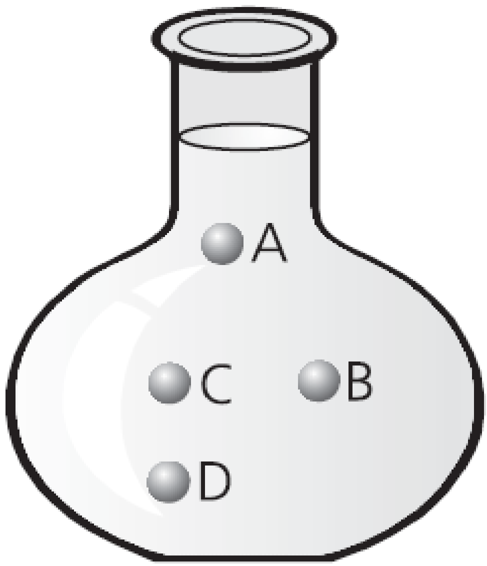
$$p = 749\ \text{mmHg}\ \frac{1\,013\ \text{mbar}}{760\ \text{mmHg}} = 998\ \text{mbar}$$

$$p = 749\ \text{mmHg}\ \frac{101\,325\ \text{Pa}}{760\ \text{mmHg}} = 99\,858\ \text{Pa}$$

36. Es un fenómeno bien conocido que, al descender por una carretera de montaña, se produce una sensación característica de oídos taponados. ¿Qué explicación física podemos dar a este hecho?

Al descender por una carretera montañosa variamos la altitud a la que nos encontramos y, por tanto, varía también la presión atmosférica a la que estamos sometidos. Esta variación de la presión atmosférica, que aumenta ligeramente al descender, provoca el taponamiento de los oídos, sensación característica que eliminamos al tragar, de ahí que en los aviones nos ofrezcan de vez en cuando caramelos para combatirla, o en los trenes, cuando atravesamos una zona de túneles, en los que ocurre algo similar debido a las variaciones de presión con respecto al exterior del túnel.

38. Observa este recipiente, que contiene agua, y los puntos que se han señalado en su interior.



a) ¿En qué punto es mayor la presión? ¿En qué punto es menor?

b) Si comparamos los puntos B y D, ¿dónde hay mayor presión?

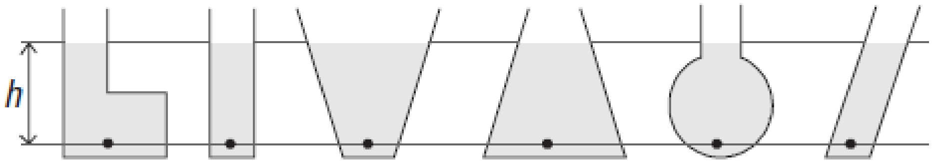
a) El valor de la presión hidrostática es función de la densidad del líquido y de la profundidad a la que nos encontremos. Cuanto mayor sea cualquiera de estas variables, mayor es la presión hidrostática. Por tanto, el mayor valor de presión corresponde al punto D, y el menor al punto A.

b) En los puntos B y C la presión es la misma, pues se encuentran a la misma profundidad. En el punto D hay mayor presión (mayor profuncidad) que en el punto B.

39. Explica qué se entiende por paradoja hidrostática e ilustra tu explicación con ejemplos. ¿Influye la forma del recipiente en la presión que ejerce el líquido que contiene?

Como la presión hidrostática solo depende de la densidad del líquido y de la profundidad a que nos encontremos, no influye para nada la forma del recipiente en la presión registrada en el fondo del mismo (paradoja hidrostática).

En distintos recipientes, con formas diferentes, la presión es la misma en un punto que se encuentre a la misma profundidad con respecto al nivel del líquido en la superficie.



40. Para abastecer de agua a una vivienda cuya altura máxima es de 7 m se va a instalar un depósito. ¿Cómo debemos ubicarlo, para que no se precisen sistemas de bombeo? Indica en qué principio te basas.

Basándonos en el principio de los vasos comunicantes, bastará con colocar el depósito a una altura superior a la altura máxima en la que se ubicarán los grifos en las viviendas. De este modo, el agua fluirá fácilmente, sin necesidad de instalar un sistema de bombeo. En las ciudades, la instalación en zonas altas de los depósitos de abastecimiento, da lugar a considerables ahorros en sistemas de bombeo de agua hacia las viviendas.

42. En un taller se ha instalado una prensa hidráulica con pistones cilíndricos de radios 2 cm y 15 cm. Sobre el pistón pequeño ejercemos una fuerza de 25 N.

¿Podremos levantar un saco de 100 kg sobre el pistón mayor?

Al ser los pistones cilíndricos, su superficie se calculará del siguiente modo:

$$S_1 = \pi R_1^2 = 3{,}14 \cdot (2 \text{ cm})^2 = 12{,}6 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = \pi R_2^2 = 3{,}14 \cdot (15 \text{ cm})^2 = 706{,}5 \text{ cm}^2$$

Si en el pistón pequeño (S1) ejercemos una fuerza de 25 N, la fuerza que se ejerce en el mayor será:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} = 25 \text{ N} \cdot \frac{706{,}5 \text{ cm}^2}{12{,}6 \text{ cm}^2} = 1\,402 \text{ N}$$

Pero para levantar un saco de 100 kg, la fuerza mínima necesaria será $P = m \cdot g$ = 980 N, por lo que será suficiente para levantarlo sin dificultad.

43. Una esfera de acero de radio 2 cm y densidad 8,9 g/cm^3 se sumerge en agua y en mercurio (Dato: densidad del mercurio = 13,6 g/cm^3).

a) ¿Qué fuerza de empuje sufre en cada caso?

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}02 \text{ m})^3 = 3{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Aplicamos en ambos casos:

$$E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g$$

$$E_{\text{agua}} = 3{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 0{,}32$$

$$E_{\text{mercurio}} = 3{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 4{,}4 \text{ N}$$

b) ¿Por qué flota en el mercurio y se hunde en el agua?

La densidad de la esfera es menor que la del mercurio, por tanto debe flotar. No obstante, podemos realizar la comprobación calculando el peso de la esfera, que debe ser menor que la fuerza de empuje que experimenta, de ahí que flote.

La esfera tiene una masa de:

m = d · V = 8 900 kg/m3 · 3,3 · 10-5 m3 = 0,29 kg

El peso de la esfera será:

$$P = m \cdot g = 0{,}29\ kg \cdot 9{,}8\ m/s2 = 2{,}8\ N$$

El peso es menor que el empuje, por lo que la esfera flota en el mercurio, pero no en el agua, donde el empuje es menor que el peso.

44. Una pesa de 1 500 g y 170 cm^3 de volumen se hunde en el agua. ¿Qué fuerza debemos hacer para sacarla del fondo del recipiente?

Para sacar la bola del agua debemos aplicar una fuerza tal que sumada al empuje sea igual al peso de la esfera. Comenzamos calculando el peso y el empuje de la bola:

$$P = m \cdot g = 1{,}5\ kg \cdot 9{,}8\ m/s2 = 14{,}7\ N$$

$$E = V_{sumergido} \cdot d_{líquido} \cdot g$$

$$E = 1{,}7 \cdot 10^{-4}\ m^3 \cdot 1000\ kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 1{,}7\ N$$

Y ya podemos calcular la fuerza:

$$F + E = P \quad \Rightarrow \quad F = P - E = 14{,}7\ N - 1{,}7\ N = 13\ N$$