

## INTERPRETA LA IMAGEN

- **Si los satélites orbitan gracias a la atracción gravitatoria terrestre, ¿por qué necesitan los paneles solares para obtener energía?**

Porque los satélites disponen de instrumentos que funcionan con energía eléctrica, como cámaras o antenas.

- **¿Qué instrumentos llevarán a bordo los satélites astronómicos que toman imágenes de otras galaxias? ¿Y los satélites de comunicaciones?**

Telescopios. En el caso de los de telecomunicaciones disponen de antenas receptoras y emisoras de ondas electromagnéticas.

## CLAVES PARA EMPEZAR

- **¿Qué es la fuerza de la gravedad? ¿Sobre qué cuerpos actúa?**

Es una fuerza de atracción que es más intensa cuanto mayor es la masa de los objetos. Actúa sobre todos los cuerpos con masa.

- **¿Qué es la fuerza centrípeta? ¿En qué tipo de movimiento aparece?**

Es una fuerza que hace que un cuerpo describa una trayectoria curva. Aparece, por ejemplo, en el movimiento circular.

- **Opina. ¿Cómo reducirías tú la cantidad de basura espacial?**

Habría que limitar los restos de cohetes de lanzamiento que se abandonan e intentar recuperarlos tras los lanzamientos. Además, habría que prever el fin de la vida útil de los satélites, por ejemplo, para evitar que los satélites en desuso permanezcan en órbita. Y extremar las medidas de sujeción de los componentes de los cohetes, satélites o sondas espaciales.

## ACTIVIDADES

- 1 Teniendo en cuenta el modelo de universo propuesto por Ptolomeo, explica por qué unos meses vemos el planeta Marte más brillante que otros meses.**

Porque en algunos tramos de su recorrido siguiendo epiciclos y deferentes el planeta se encuentra más cerca de la Tierra que en otros tramos.

- 2 En todo el hemisferio norte el invierno dura seis días menos que el verano. Razona con este dato si el invierno de España coincide cuando la Tierra está próxima al afelio o al perihelio.**

En España el invierno tiene lugar cuando la Tierra está más cerca del Sol, cerca del perihelio. Cuando está más lejos del Sol, la Tierra se mueve más lentamente, por lo que permanece más tiempo en torno a la posición del afelio, en verano. Por eso el verano dura más días: porque la Tierra se mueve más lentamente en verano (en el hemisferio norte).

- 3 Suponiendo que la Tierra describe una órbita circular alrededor del Sol, calcula su velocidad de traslación. Dato: la distancia media de la Tierra al Sol es 149 600 000 km.**

Si la órbita es circular, calculamos la velocidad a partir de la longitud de la circunferencia y del tiempo empleado en dar una vuelta completa (un año). La distancia Tierra-Sol es el radio de la órbita.

Por tanto:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 149\,000\,000 \text{ km}}{1 \text{ año} \cdot \frac{365,25 \text{ días}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 29,67 \text{ km/s}$$

- 4 **Teniendo en cuenta los datos de la distancia de los siguientes planetas al Sol y el tiempo que tardan en dar una vuelta completa a su alrededor, demuestra que todos ellos pertenecen al mismo sistema solar.**

	Mercurio	Tierra	Júpiter
$d_{\text{planeta-sol}}$ (km)	$5,8 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^8$	$7,8 \cdot 10^8$
$T$ (años)	0,24	1	11,84

Para comprobar lo que piden dividimos el cuadrado del periodo entre el cubo de la distancia y comparamos el resultado obtenido.

Mercurio:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(0,24)^2}{(5,8 \cdot 10^7)^3} = 2,95 \cdot 10^{-25} \frac{\text{años}^2}{\text{km}^3}$$

Tierra:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(1)^2}{(1,5 \cdot 10^8)^3} = 2,96 \cdot 10^{-25} \frac{\text{años}^2}{\text{km}^3}$$

Júpiter:

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{(11,88)^2}{(7,8 \cdot 10^8)^3} = 2,97 \cdot 10^{-25} \frac{\text{años}^2}{\text{km}^3}$$

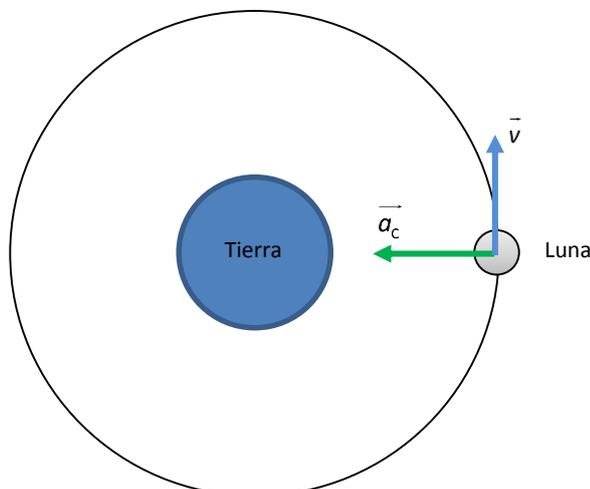
Como se ve, el resultado es aproximadamente el mismo para los tres, pues todos ellos orbitan alrededor del mismo astro.

- 5 **La Luna da una vuelta alrededor de la Tierra cada 27,3 días, describiendo una órbita casi circular de 384 400 km de radio.**

- Dibuja la Luna en un punto de su trayectoria alrededor de la Tierra. Añade los vectores velocidad y aceleración centrípeta de la Luna.
- Calcula la velocidad de la Luna y la fuerza centrípeta que actúa sobre ella.
- ¿Cómo sería la trayectoria de la Luna si su velocidad fuese la mitad de la obtenida en b)?

**Dato:**  $m_{\text{Luna}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ .

- Respuesta gráfica:



b) La velocidad de la Luna se puede calcular a partir del espacio recorrido en su órbita y del tiempo empleado:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 384\,400 \text{ km}}{27,3 \text{ días} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 1,024 \text{ km/s} = 1024 \text{ m/s}$$

Con este dato se puede calcular la fuerza centrípeta:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot (1024 \text{ m/s})^2}{384\,000\,000 \text{ m}} = 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

c) Si la velocidad fuese la mitad, la Luna orbitaría la Tierra más lejos de nuestro planeta.

**6** Calcula el valor de la fuerza de atracción gravitatoria entre dos chicas de 60 y 55 kg separadas una distancia de 2 m. Valora el resultado.

Dato:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

Aplicamos la ley de la gravitación universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{60 \text{ kg} \cdot 55 \text{ kg}}{(2 \text{ m})^2} = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Esta fuerza produce en los cuerpos una aceleración tan pequeña que sus efectos resultan inapreciables.

**7** ¿Cuál debe ser la masa de un cuerpo para que, encontrándose a 2 m de un chico de 60 kg, le atraiga con una fuerza de 1 N?

Dato:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

Aplicamos la ley de la gravitación universal y despejamos la masa del cuerpo:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G \cdot m_1} = \frac{1 \text{ N} \cdot (2 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 60 \text{ kg}} = 9,99 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

**8** Dos cuerpos A y B, separados una distancia  $d$ , se atraen con una fuerza  $F$ . Razona cuál será el valor de la fuerza entre ambos cuerpos si:

- La masa de A se duplica y el resto sigue igual.
- La distancia entre los cuerpos se duplica y el resto sigue igual.
- Se duplica la masa de A y la distancia entre los cuerpos y se mantiene la masa de B.
- Se duplica la masa de A, la masa de B y la distancia entre los cuerpos.

- La fuerza se duplica y pasa a ser  $2 F$ .
- La fuerza se reduce a la cuarta parte, puesto que la distancia aparece en la ley de la gravitación universal en el denominador y elevada al cuadrado. Será  $F/4$ .
- Se combinan los dos casos anteriores, por lo que la fuerza disminuirá hasta la mitad. Será  $F/2$ .
- En este caso la fuerza no cambiará: será  $F$ .

**9** Sabiendo que la distancia media de la Tierra a la Luna es de  $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$ , calcula:

- La fuerza con que se atraen la Tierra y la Luna.
- La aceleración que esa fuerza le comunica a la Luna y a la Tierra. Explica, basándote en ello, por qué la Luna gira alrededor de la Tierra y no al revés.

Datos:  $M_{\text{Tierra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $M_{\text{Luna}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

- a) Aplicamos la ley de la gravitación universal, expresando todas las cantidades en unidades del Sistema Internacional.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

- b) Para calcular la aceleración aplicamos la ley fundamental de la dinámica o segunda ley de Newton a cada astro. En el caso de la Tierra:

$$F = M_{\text{Tierra}} \cdot a_{\text{Tierra}} \rightarrow a_{\text{Tierra}} = \frac{F}{M_{\text{Tierra}}} = \frac{1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}}{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}} = 3,325 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

En el caso de la Luna:

$$F = M_{\text{Luna}} \cdot a_{\text{Luna}} \rightarrow a_{\text{Luna}} = \frac{F}{M_{\text{Luna}}} = \frac{1,985 \cdot 10^{20} \text{ N}}{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}} = 0,0027 \text{ m/s}^2$$

Como se ve, la aceleración sobre la Luna es mucho mayor; por esto la Luna gira alrededor de la Tierra, y no al revés.

**10 Utiliza el análisis dimensional para comprobar que las unidades en las que se puede expresar  $g$  ( $\text{m/s}^2$  y  $\text{N/kg}$ ) son equivalentes.**

Expresamos las unidades  $\text{N/kg}$  en unidades más fundamentales:

$$[g] = \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\cancel{\text{kg}} \cdot \text{m/s}^2}{\cancel{\text{kg}}} = \text{m/s}^2$$

**11 Un balón de 600 g, suspendido a 2 m del suelo de Marte, pesa 2,3 N. Calcula:**

- a) El valor de  $g$  en Marte.  
 b) La masa de Marte si su forma es aproximadamente una esfera de 3,38 millones de metros de radio.

**Dato:**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

- a) Como sabemos el peso y la masa, es fácil calcular la aceleración de la gravedad en la superficie. Suponemos que a 2 m del suelo la gravedad es la misma que en la superficie de Marte:

$$P = m \cdot g \rightarrow g = \frac{P}{m} = \frac{2,3 \text{ N}}{0,600 \text{ kg}} = 3,83 \text{ N/kg}$$

- b) Aplicamos la expresión de la aceleración de la gravedad en función de la masa y el radio del planeta:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \rightarrow M = \frac{g \cdot R^2}{G} = \frac{3,83 \text{ N/kg} \cdot (3,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}} = 6,56 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

**12 La Tierra tarda 365,24 días en completar su órbita alrededor del Sol. Teniendo en cuenta los datos que se indican, calcula la distancia media entre la Tierra y el Sol.**

**Datos:**  $M_{\text{Sol}} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

La fuerza centrípeta que actúa sobre la Tierra es la fuerza gravitatoria existente entre el Sol y la Tierra. Por tanto, podemos escribir:

$$F_c = F_G \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot m_{\text{Sol}}}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Sol}}}{r}}$$

Ahora expresamos la velocidad en función del espacio recorrido en la órbita y del tiempo empleado:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} \rightarrow r = \frac{v \cdot T}{2\pi}$$

Y sustituimos el valor de la velocidad por la expresión anterior:

$$r = \frac{v \cdot T}{2\pi} = \frac{\sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Sol}}}{r}} \cdot T}{2\pi} \rightarrow r^2 = \frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2} \rightarrow r^3 = \frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2} \rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2}}$$

Ahora sustituimos los datos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot m_{\text{Sol}} \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot \left(365,24 \frac{\text{días}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right)^2}{4\pi^2}} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

### INTERPRETA LA IMAGEN Página 191

- **Observa la distancia a la que orbita el satélite *Deimos 2* sobre la Tierra. Si la masa de la Tierra es  $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , calcula la velocidad orbital del satélite en la unidad del SI y en km/h.**

Procedemos como en el caso anterior. En este caso la distancia  $r$  es igual al radio de la Tierra, 6370 km, más la altura, 620 km. En total, 6990 km.

$$F_c = F_g \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M_{\text{Tierra}}}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{G \cdot \frac{M_{\text{Tierra}}}{r}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6990 \cdot 10^3 \text{ m}}} = 7547,6 \text{ m/s} = 27\,171,5 \text{ km/h}$$

13

**La Estación Espacial Internacional orbita la Tierra a unos 400 km sobre su superficie. ¿Cuánto tarda en completar una vuelta alrededor de la Tierra?**

**Datos:**  $M_{\text{Tierra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_{\text{Tierra}} = 6370 \text{ km}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

De nuevo identificamos la fuerza centrípeta con la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre la Estación Espacial. En este caso la distancia desde la Estación Espacial al centro de la Tierra es 6370 km más 400 km. En total, 6730 km.

Ahora expresamos la velocidad como el espacio recorrido entre el tiempo empleado, que es el periodo solicitado.

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} \rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2} = G \cdot \frac{M_{\text{Tierra}}}{r} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot r^3}{G \cdot M_{\text{Tierra}}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (6730 \cdot 10^3 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}} = 5062,196 \text{ s}$$

Expresado en horas es:

$$5062,196 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1,4062 \text{ h} = 1 \text{ h } 24 \text{ min } 22,2 \text{ s}$$

14

**La película *Gravity* muestra los problemas que representa la basura espacial para los satélites artificiales y sus tripulantes. Razona cómo es posible que un pequeño tornillo vagando por el espacio pueda representar un grave problema para una nave espacial cuya estructura puede resistir el impulso de los cohetes con que es lanzada.**

Porque los fragmentos se mueven a una velocidad muy elevada en órbita alrededor de nuestro planeta, miles de kilómetros por hora. Y entonces su energía cinética es muy elevada y puede causar daños importantes.



15

La basura espacial está formada por fragmentos de lo más diverso. Uno de los elementos es el guante que perdió el astronauta Edward White (en la fotografía) en 1965, durante su primer paseo espacial. Suponiendo que el guante tiene una masa de 1 kg y avanza a 28 000 km/h:



- Calcula la energía cinética del guante.
- ¿A qué velocidad tendría que ir un vehículo de una tonelada para que su energía cinética fuese igual a la del guante de White?

Datos:  $M_{\text{Tierra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_{\text{Tierra}} = 6370 \text{ km}$ ;

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}.$$

- La energía cinética se calcula a partir de la masa y la velocidad:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ kg} \cdot \left( 28\,000 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)^2 = 3,02 \cdot 10^7 \text{ J}$$

- Empleamos la expresión anterior y despejamos la velocidad.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,02 \cdot 10^7 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} = 7771,7 \text{ m/s} \approx 28000 \text{ km/h}$$

## REPASA LO ESENCIAL

16

Completa en tu cuaderno la siguiente definición de la ley de gravitación universal:

Todos los cuerpos se atraen con una fuerza que es **directamente** proporcional al **producto** de sus **masas** e **inversamente** proporcional al **cuadrado** de la **distancia** que los separa.

17

Explica por qué se dice que los hallazgos de Newton supusieron la ruptura de la barrera cielo-Tierra. ¿A qué hallazgos se refiere la expresión?

Porque Newton explicó el movimiento de los cuerpos en las cercanías de la superficie terrestre y el movimiento de los astros empleando la misma ley. El hallazgo en este caso es el descubrimiento de la ley de la gravitación universal.

18

Indica en tu cuaderno cuál de las siguientes afirmaciones sobre la fuerza gravitatoria es incorrecta:

- Depende de las masas de los cuerpos.
- Es universal, porque actúa en cualquier punto del espacio.
- Puede ser atractiva o repulsiva.
- No es posible aislar un cuerpo de la influencia gravitatoria del otro.
- Depende de la distancia que separa los cuerpos.

- |                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| a) Correcta.                         | d) Correcta. |
| b) Correcta.                         | e) Correcta. |
| c) Incorrecta. Siempre es atractiva. |              |

19

Indica cómo varía la fuerza de atracción entre dos cuerpos de igual masa ( $m$ ) situados a una distancia ( $d$ ) cuando:

- La masa de uno de ellos se duplica.
- La distancia entre ellos se duplica.
- La masa de uno de ellos se duplica y la distancia entre ellos también se duplica.
- Las masas y la distancia entre ellos se triplican.
- La fuerza también se duplica.

- b) La fuerza se reduce a la cuarta parte.
- c) La fuerza se reduce a la mitad.
- d) Debido al efecto de la masa la fuerza se multiplicaría por nueve, mientras que debido al efecto de la distancia la fuerza se divide entre nueve. Por tanto, en conjunto la fuerza no varía en estas condiciones.

**20** Contesta en tu cuaderno si es cierto que un cuerpo situado sobre la superficie terrestre a una altura igual a la distancia del radio de la Tierra:

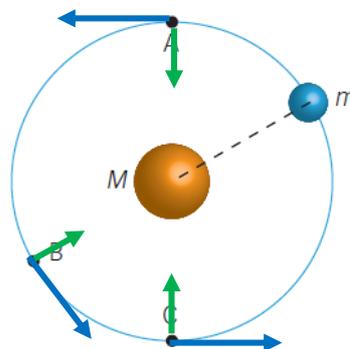
- a) Tiene la misma masa que en la superficie.
  - b) Cae con una aceleración constante de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .
  - c) Pesa la mitad que en la superficie.
  - d) Pesa cuatro veces menos que en la superficie.
  - e) No pesa nada.
- a) Sí.
  - b) No, puesto que a esa distancia del suelo la fuerza gravitatoria es menor que en la superficie y la aceleración será menor de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .
  - c) No, puesto que la fuerza gravitatoria se divide por cuatro y el peso también.
  - d) Sí, puesto que si la distancia al centro de la Tierra se duplica, el peso se divide por cuatro.
  - e) Sí pesa algo, puesto que la Tierra lo atrae con cierta fuerza.

**21** Indica en tu cuaderno cuáles de estas características corresponden al peso y cuáles a la masa:

- a) Es la cantidad de materia que posee un cuerpo.
  - b) Su valor no depende del lugar donde se encuentra el cuerpo.
  - c) Es la fuerza con que la Tierra atrae al cuerpo.
  - d) Es una magnitud escalar.
  - e) Es una magnitud vectorial.
- a) Masa. d) Masa.
  - b) Masa. e) Peso.
  - c) Peso.

**22** Un cuerpo de masa  $m$  gira alrededor de otro cuerpo de masa  $M$  con velocidad constante. Copia el dibujo en tu cuaderno y añade el vector velocidad y el vector aceleración centrípeta de  $m$  en los puntos A, B y C.

Respuesta:



La aceleración centrípeta tiene la dirección de la línea que une las dos masas, mientras que la velocidad es tangente a la trayectoria en cada punto.

23

Supón el sistema de cuerpos  $M$  y  $m$  de la actividad anterior. Dibuja en tu cuaderno la trayectoria de  $m$  en los siguientes casos:

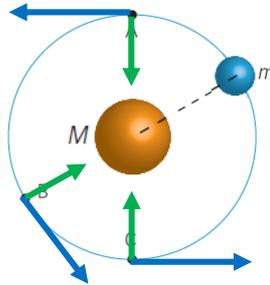
a) Su velocidad aumenta.

c) Su velocidad se hace cero.

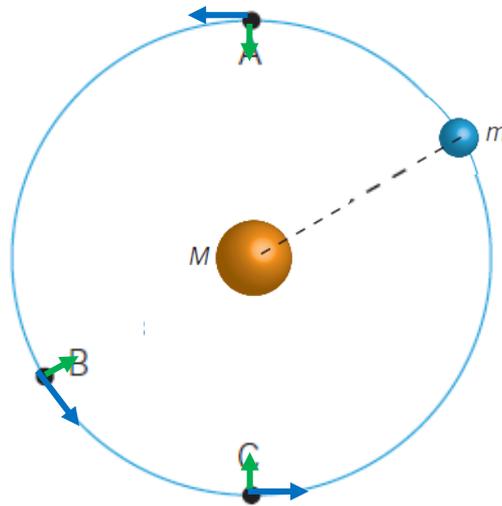
b) Su velocidad disminuye.

d) Desaparece el cuerpo de masa  $M$ .

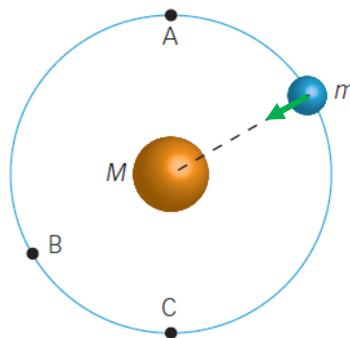
a) Si la velocidad aumenta, le corresponde una órbita más baja.



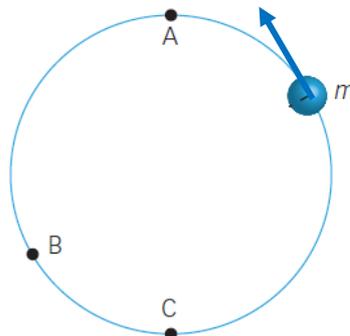
b) Si la velocidad disminuye, le corresponde una órbita más alta.



c) Si la velocidad se hace cero, el cuerpo cae directamente hacia la masa central.



d) Si desaparece la masa central, el cuerpo sigue con movimiento rectilíneo uniforme.



- 24** Razona cuáles de las siguientes expresiones son ciertas para un satélite que orbita alrededor de un planeta:
- Su velocidad orbital depende de la distancia a la superficie del planeta.
  - Su velocidad orbital depende de la distancia al centro del planeta.
  - Su velocidad orbital depende de la masa del planeta.
  - Su velocidad orbital depende de la masa del satélite.

La velocidad orbital de un satélite viene dada por la expresión:

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_{\text{Tierra}}}{r}}$$

- |            |            |
|------------|------------|
| a) Cierta. | c) Cierta. |
| b) Cierta. | d) Falsa.  |

- 25** ¿Qué satélites tardan menos tiempo en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra, los que giran en órbitas altas o los que giran en órbitas bajas? Razona por qué.

Los que giran en órbitas bajas, pues se mueven a mayor velocidad y además recorren órbitas con menor longitud.

- 26** Indica cuál es la ventaja de utilizar satélites para cartografiar la superficie terrestre.

Desde el espacio se pueden obtener imágenes imposibles de adquirir desde el suelo.

- 27** Explica cuáles de los siguientes efectos pueden ser consecuencia de la basura espacial:

- Provocan lluvia ácida.
- Pueden hacer un agujero en la estructura de una nave espacial.
- Aumentan el agujero de la capa de ozono.
- Impiden que los rayos del Sol lleguen a la Tierra.
- Reducen el espacio en el que pueden orbitar otros satélites.

Los fragmentos que forman la basura espacial tienen una enorme energía cinética.

- |  |   |
|--|---|
| a) No. La basura espacial no tiene efectos apreciables sobre la composición de la atmósfera. | d) No.  |
| b) Sí. Debido a la elevada energía cinética.   | e) Sí, puesto que a la hora de situar en órbita los satélites hay que evitar las zonas donde se concentran los fragmentos de basura espacial. |
| c) No. La basura espacial no tiene efectos apreciables sobre la composición de la atmósfera. |   |

## PRACTICA

- 28** Supón que estamos reproduciendo el experimento de Cavendish para determinar el valor de  $G$ . Colocamos la masa grande ( $m_1 = 175 \text{ kg}$ ) a una distancia de 10 cm de la masa pequeña ( $m_2 = 0,73 \text{ kg}$ ). ¿Cuál será el valor de la fuerza entre ellas?

Dato:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

Aplicamos la ley de la gravitación universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{175 \text{ kg} \cdot 0,73 \text{ kg}}{(0,10 \text{ m})^2} = 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

- 29** Teniendo en cuenta el resultado del ejercicio anterior, determina el valor de la fuerza entre las bolas del experimento si:

- La masa de la bola grande fuese 350 kg y el resto siguiese igual.

- b) La masa de la bola pequeña fuese 1,46 kg y el resto siguiese igual.
- c) La distancia entre las bolas fuese de 20 cm y el resto siguiese igual.
- d) Teniendo en cuenta los resultados anteriores, ¿cuál sería la modificación más sencilla del experimento de Cavendish para lograr que la fuerza entre las bolas fuese mayor?

a) Como una masa se duplica, la fuerza también se duplica:

$$F_2 = 2 \cdot F = 2 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

b) Como una masa se duplica, la fuerza también se duplica:

$$F_2 = 2 \cdot F = 2 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

c) Como la distancia se duplica, la fuerza se divide por cuatro:

$$F_2 = \frac{F}{4} = \frac{8,52 \cdot 10^{-7} \text{ N}}{4} = 2,13 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

d) Reducir la distancia entre las bolas. Si la distancia se reduce a la mitad, la fuerza se hace cuatro veces mayor.

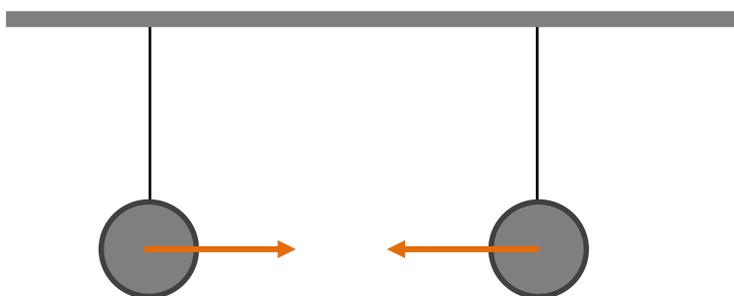
**30** Imagina que tenemos dos bolas de acero de 100 kg, suspendidas de un cable, a una distancia de 1 m.

- a) Dibuja y calcula la fuerza entre las bolas.
- b) Si se rompen los cables, ¿qué le ocurre a las bolas? Explica su movimiento teniendo en cuenta la fuerza que has calculado en el apartado anterior.

Datos:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

a) Aplicamos la ley de la gravitación universal:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{100 \text{ kg} \cdot 100 \text{ kg}}{(1 \text{ m})^2} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$



b) Si se rompen los cables, las bolas pueden caer moviéndose ligeramente una hacia la otra. Pero el valor de la fuerza es mucho menor que el peso de las bolas, por lo que el efecto sería inapreciable. En efecto:

$$P = m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 9800 \text{ N} \gg 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

**31** Sabiendo que la Tierra no es esférica, sino que está ligeramente achatada por los polos, ¿dónde pesarías menos? Razona la respuesta.

- a) En el polo norte.
- b) En España.
- c) En el polo sur.
- d) En el ecuador.

El peso sería menor en el punto más alejado del centro de la Tierra. Es decir, en el ecuador.

**32** Calcula el peso de una persona de 60 kg en:

- a) La superficie de la Tierra y al nivel del mar.
- b) La cima del Everest, situada a 8848 m de altura.
- c) La Estación Espacial Internacional, que orbita a 400 km sobre la superficie terrestre.

Datos:  $M_{\text{Tierra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_{\text{Tierra}} = 6370 \text{ km}$ ;  $R_{\text{Luna}} = 1740 \text{ km}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

a) El peso es simplemente la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo. Al nivel del mar:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 588,8 \text{ N}$$

b) En la cima del Everest la distancia al centro de la Tierra varía:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 8848 \text{ m})^2} = 587,2 \text{ N}$$

Como vemos, el peso no varía mucho.

c) En la Estación Espacial:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 60 \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 400 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 521,3 \text{ N}$$

33

¿A qué altura de la superficie terrestre tu peso es la mitad del que vale en la superficie? ¿A qué altura lo será tu masa?

Para el caso del peso, como la fuerza disminuye con el cuadrado de la distancia, para que la fuerza se haga la mitad, la distancia será:

$$\frac{F}{F_{\text{Sup.}}} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{\cancel{G} \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R+h)^2}}{\cancel{G} \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2}} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \rightarrow (R+h)^2 = 2 \cdot R^2 \rightarrow R+h = \sqrt{2} \cdot R \rightarrow$$

$$\rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) \cdot R = 0,4142 \cdot R$$

Es decir, la altura sobre la superficie debe ser igual a 0,4142 veces el radio de la Tierra.

La masa no varía, puesto que no depende de la posición del objeto.

34

¿En cuál de estos lugares pesa más un lingote de 12,5 kg, a la orilla del mar, en el polo norte o en la cima del Everest? ¿Sería buen negocio comprar oro en los polos y venderlo en el Everest? Explícalo.

El lingote pesa más en el polo norte, pues la Tierra está achatada por los polos y en ese punto el lingote estará más cerca del centro de la Tierra.

Si compramos oro en los polos y los trasladamos al Everest, el mismo lingote pesará menos en el Everest, por lo que no será un buen negocio venderlo en el Everest, pues ahí su peso será menor.

35

Copia en tu cuaderno la siguiente tabla de datos y completa los huecos calculando:

a) Tu peso en cada uno de los planetas del sistema solar.

b) La velocidad de un cuerpo que cae verticalmente desde una altura de 1 m en cada planeta.

a) El peso se calcula multiplicando la aceleración de la gravedad por la masa. Considerando una masa de 60 kg obtenemos para Mercurio:

$$P = m \cdot g_{\text{Mercurio}} = 60 \text{ kg} \cdot 2,65 \text{ m/s}^2 = 159 \text{ N}$$

Planeta	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	Peso (N)	$v$ (m/s)	$v$ (km/h)
Mercurio	2,65			
Venus	8,50			
Tierra	9,81			
Marte	3,72			
Júpiter	25,89			
Saturno	11,48			
Urano	9,03			
Neptuno	14,13			

b) La velocidad se calcula a partir de las ecuaciones del MRUA.

$$\left. \begin{aligned} v &= g \cdot t \\ s &= \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = g \cdot t = g \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s}$$

Para el caso de Mercurio, por ejemplo:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 2,65 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m}} = 2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 8,29 \text{ km/h}$$

Procedemos análogamente para los demás planetas y completamos la tabla:

Planeta	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	Peso (N)	$v$ (m/s)	$v$ (km/h)
Mercurio	2,65	159	2,30	8,29
Venus	8,50	510	4,12	14,84
Tierra	9,81	588,6	4,43	15,95
Marte	3,72	223,2	2,73	9,82
Júpiter	25,89	1553,4	7,20	25,90
Saturno	11,48	688,8	4,79	17,25
Urano	9,03	541,8	4,25	15,30
Neptuno	14,13	847,8	5,32	19,14

**36** El peso de una persona en la Tierra es de 500 N, y en Júpiter, de 1321 N.

- ¿Cuál será su masa?
- ¿Cuál es el valor de la gravedad en Júpiter?
- ¿Qué masa debería tener una persona para que su peso en Júpiter coincidiese con el de la persona de nuestro enunciado en la Tierra?

a) La masa se calcula a partir de la aceleración de la gravedad:

$$P_{\text{Tierra}} = m \cdot g_{\text{Tierra}} \rightarrow m = \frac{P}{g_{\text{Tierra}}} = \frac{500 \text{ kg}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 51,02 \text{ kg}$$

b) Como la masa en Júpiter es la misma que en la Tierra:

$$P_{\text{Júpiter}} = m \cdot g_{\text{Júpiter}} \rightarrow g_{\text{Tierra}} = \frac{P}{m} = \frac{1321 \text{ N}}{51,02 \text{ kg}} = 25,89 \text{ N/kg}$$

c) En este caso:

$$P_{\text{Júpiter}} = P_{\text{Tierra}} \rightarrow m \cdot g_{\text{Júpiter}} = m_1 \cdot g_{\text{Tierra}} \rightarrow m = \frac{m_1 \cdot g_{\text{Tierra}}}{g_{\text{Júpiter}}} = \frac{500 \text{ N}}{25,89 \text{ N/kg}} = 19,31 \text{ kg}$$

**37** Marte es el planeta elegido por los escritores de ciencia ficción como el sitio más favorable del sistema solar para ser habitado por los seres humanos.

- ¿Cuál es el valor de la aceleración de la gravedad en Marte?
- Si viajaras a Marte, ¿te sentirías más ligero o más pesado que en la Tierra? Razónalo observando los datos sin hacer cálculos.
- Calcula tu peso en Marte.
- Razona si te resultaría más fácil practicar el salto de altura en Marte o en la Tierra.

Datos:  $M_{\text{Marte}} = 6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ ;  $\text{diámetro}_{\text{Marte}} = 6780 \text{ km}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

a) Identificando el peso con la fuerza gravitatoria:

$$P_{\text{Tierra}} = F_G \rightarrow m \cdot g = G \cdot \frac{M_{\text{Marte}} \cdot m}{R_M^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow g = G \cdot \frac{M_{\text{Marte}}}{\left(\frac{\text{diámetro}_{\text{Marte}}}{2}\right)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{\left(\frac{6780 \cdot 10^3 \text{ m}}{2}\right)^2} = 3,71 \text{ m/s}^2$$

b) Más ligero, puesto que la aceleración de la gravedad es menor en Marte que en la Tierra.

c) El peso se calcula multiplicando la masa por la aceleración de la gravedad. Para una masa de 60 kg:

$$P = m \cdot g_{\text{Marte}} = 60 \text{ kg} \cdot 3,71 \text{ m/s}^2 = 222,6 \text{ N}$$

d) En Marte, puesto que al ser más pequeña la aceleración de la gravedad, los saltos llegarían más lejos.

**38** Una manzana de 200 g está en un árbol, a 2 m del suelo:

a) Si se rompe el pedúnculo que la une al árbol, ¿cuál es su velocidad cuando llega al suelo?

b) Indica el módulo, la dirección y el sentido de la velocidad que tendrá que tener para que en lugar de caer se mantenga en órbita a 2 m del suelo.

Datos:  $M_{\text{Tierra}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_{\text{Tierra}} = 6370 \text{ km}$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}^2}$ .

a) Para calcular la aceleración de la caída es necesario conocer la aceleración de la gravedad en las inmediaciones de la superficie terrestre. Con los datos que ofrece el enunciado podemos calcularla:

$$P = F_G \rightarrow m \cdot g = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2} \rightarrow g = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Para calcular la velocidad al llegar al suelo empleamos las ecuaciones del MRUA:

$$\left. \begin{array}{l} v = g \cdot t \\ s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \end{array} \right\} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow v = g \cdot t = g \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2 \cdot s}{g}} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m}} = 6,26 \text{ m/s}$$

b) Para que se mantenga en órbita habría que lanzarla con una velocidad horizontal. La fuerza centrípeta a esa distancia es la fuerza gravitatoria:

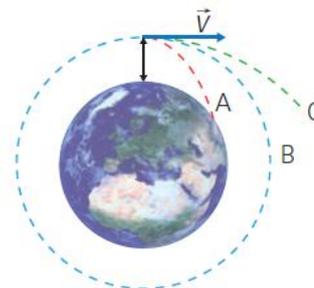
$$F_G = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{R_T + h} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 2 \text{ m}}} = 7906,4 \text{ m/s}$$

**39** Utilizando los datos del ejemplo anterior, calcula la velocidad que debemos dar a un satélite para que describa la órbita señalada como A. Indica un posible valor para su velocidad si se quiere que el satélite describa las trayectorias B y C. ¿Influye en los resultados la masa del satélite?:

Para que siga la trayectoria A, la velocidad debe ser menor que la calculada en el apartado anterior.

Para la órbita B el valor de la velocidad debe ser el calculado en el ejemplo anterior: 6654 m/s.

Para la órbita C la velocidad debe ser mayor que dicho valor.



**40** Elige un tipo de satélites artificiales y prepara una presentación que incluya, entre otros aspectos:

- Cuál es su función.
- Cuándo comenzaron a utilizarse.
- Sus características (masa del satélite, distancia a la que orbitan, periodo, si son tripulados, etc.).
- Países que envían este tipo de satélites.

Respuesta personal.

**41 Para estudiar el universo se utilizan telescopios. Algunos son de uso doméstico, otros están en grandes centros de investigación, como el Gran Telescopio de Canarias, y otros observan desde el espacio a bordo de satélites artificiales, como el Hubble. Razona las ventajas e inconvenientes de unos frente a otros.**

Los de uso doméstico son más baratos y más manejables, pero no ofrecen demasiado detalle a no ser que se tomen fotografías con tiempos de exposición muy elevados.

Los telescopios situados en observatorios, como el Gran Telescopio de Canarias, permiten captar mucha más luz. Son muy caros y su manejo resulta ciertamente complejo, pero permiten estudiar imágenes de galaxias situadas a millones y millones de años luz de la Tierra.

Los telescopios espaciales tienen la ventaja de que evitan las distorsiones creadas por el aire de la atmósfera al tomar las imágenes. Pero son más costosos aún y, además, resulta difícil modificar sus características o añadirles nueva instrumentación.

## AMPLÍA

**42 Imagina que mediante un rayo láser se eleva el tornillo del ejemplo anterior a una órbita situada a 1600 km sobre la Tierra. ¿Cuál será su energía cinética en esta órbita?**

La fuerza gravitatoria es la fuerza centrípeta que actúa sobre el tornillo.

$$F_G = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{R_T + h} \rightarrow v^2 = \frac{G \cdot M}{R_T + h} \rightarrow$$
$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6370 \cdot 10^3 \text{ m} + 1600 \cdot 10^3 \text{ m}}} = 7068,4 \text{ m/s}$$

Entonces podemos calcular la energía cinética.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,050 \text{ kg} \cdot (7068,4 \text{ m/s})^2 = 1,25 \cdot 10^6 \text{ J}$$

## COMPETENCIA CIENTÍFICA

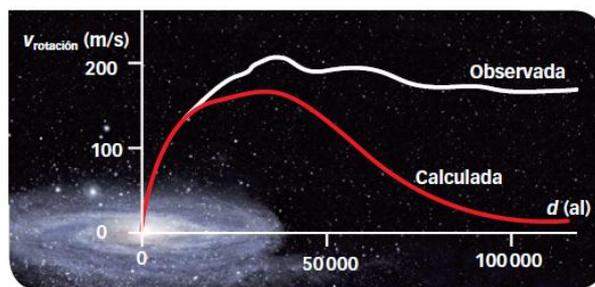
**43 Fíjate en la imagen de ambas galaxias y contesta.**

- ¿Qué zona es más brillante?
- ¿En qué zona hay más estrellas rojas, más viejas, hacia el centro o hacia el exterior?
- ¿Qué crees que son los puntos más brillantes con destellos que aparecen superpuestos en la imagen?
  - La zona central de la galaxia, pues ahí la concentración de estrellas es mayor.
  - Hay más estrellas rojas más viejas hacia el centro de las galaxias, y estrellas azules, más jóvenes, hacia la periferia y los brazos, en el caso de las galaxias espirales.
  - Son estrellas de nuestra galaxia que se interponen en la dirección en que apunta el telescopio. La cruz que muestran no es real; es un efecto óptico producido por los instrumentos que reciben la luz.

**44 Contesta.**

- ¿Cuánto tiempo ha tardado la luz en llegar desde estas galaxias hasta nosotros?
- ¿Crees que ambas galaxias están más o menos a la misma distancia de la nuestra?
  - 55 millones de años, pues se encuentran a una distancia de 55 años luz, que es la distancia que la luz recorre en 55 años.
  - A partir de la imagen parece que sí, puesto que se aprecia cierta interacción entre ambas galaxias. Pero podría tratarse de un efecto óptico que hace que ambas aparezcan casi superpuestas aunque se encuentren a diferentes distancias.

**45** En una galaxia espiral las estrellas orbitan alrededor del núcleo central. Por ejemplo, el Sol completa una órbita cada 225 millones de años. Basándose en la masa observada, las estrellas más lejanas del núcleo deberían moverse más lentamente alrededor del centro (línea roja en la imagen de la derecha). Sin embargo, equipos de científicos independientes, analizando diferentes galaxias espirales, han observado que la velocidad de las estrellas se mantiene más o menos constante a partir de cierta distancia al centro (línea blanca en la imagen). 1 al: 1 año luz.



Señala la causa o causas más probables, a tu juicio.

- Las medidas de la velocidad de las estrellas se han tomado todas de manera incorrecta.
- Existe más masa en las galaxias de la que vemos, una especie de masa oscura que ejerce una atracción gravitatoria sobre las estrellas.
- Existe una fuerza desconocida que empuja a las estrellas.
- La atracción gravitatoria de galaxias cercanas influye sobre el movimiento de las estrellas.

Respuesta personal. La causa más admitida es que existe más masa que la que vemos, y por eso la velocidad de las estrellas no disminuye como en el caso en que únicamente existe una gran masa central. Hay muchos equipos distintos que han tomado medidas de la velocidad de las estrellas, por lo que la respuesta a es improbable. La respuesta b sí es correcta.

**46** **COMPRESIÓN LECTORA.** Explica las siguientes frases:

- Ya hemos estado allí.
  - Misiones tripuladas más allá de la Luna.
- Ya hemos puesto el pie en la Luna.
  - Misiones espaciales con personas a bordo que se dirigen a astros situados más allá de la órbita lunar. Por ejemplo, a algún asteroide o planeta enano.

**47** En el texto Obama habla de la exploración de los asteroides y de Marte. ¿Por qué dice esto? Contesta en tu cuaderno.

- Porque Marte y los asteroides tienen un tamaño parecido.
  - Porque una misma misión podría estudiar algún asteroide y Marte.
  - Porque Marte es un planeta enano, al igual que muchos asteroides.
  - Porque en los asteroides se pueden obtener materiales necesarios para completar la misión a Marte.
- Esto es cierto, pero no es por eso.
  - Correcto.
  - Marte no es un planeta enano.
  - Correcto, pues los asteroides permiten «hacer escala» en un futuro viaje a Marte.

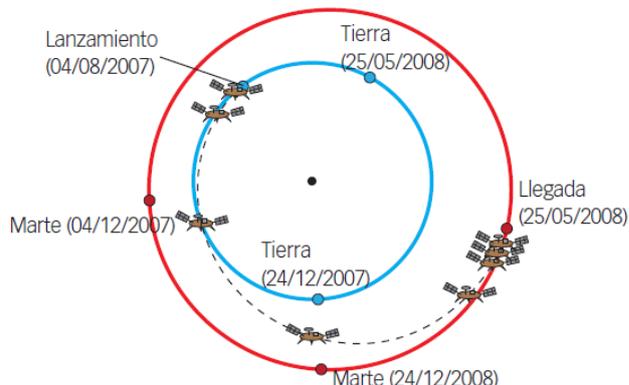
**48** Ordena en tu cuaderno, según tu opinión, los siguientes beneficios obtenidos de una posible misión tripulada a Marte basándote en su importancia.

- El estudio de la existencia de vida más allá de la Tierra.
- El estudio de la atmósfera marciana con el objetivo de convertir Marte en un planeta respirable para poder vivir allí cuando la Tierra esté superpoblada.
- El desarrollo de nuevos materiales y técnicas necesarios para completar la misión.
- El prestigio alcanzado por el país pionero.
- El estudio de los efectos de la ingravidez prolongada en el cuerpo humano.

Respuesta personal. Las misiones tripuladas siguen permitiendo acciones que son muy complicadas para el caso de las misiones no tripuladas. Para muchos científicos Marte es el primer objetivo al que dirigirnos en el futuro cuando la Tierra esté superpoblada. Por eso se valora la posible conversión de su atmósfera, tal y como han imaginado algunos escritores de ciencia ficción en sus novelas.

**49** El objetivo de la misión Phoenix fue estudiar Marte. Observa el gráfico y contesta.

- Dónde está el observador en el dibujo? ¿Y el Sol?
- En el momento del lanzamiento, ¿estaba Marte lo más cerca posible de la Tierra?
- ¿Cuánto tiempo tardó la nave en llegar a Marte? ¿Por qué crees que no se pensó en una trayectoria directa desde la Tierra hasta Marte?



- El observador se encuentra en el cénit del sistema solar, por encima del Sol. El Sol está representado por el punto colocado en el centro del dibujo.
- No.
- Tardó algo más de nueve meses. Porque las trayectorias directas consumen más combustible.

**50** En la imagen se representan la Tierra y Marte a escala. Compara ambos planetas. Si el radio de la Tierra es de 6378 km, ¿cuál es el radio aproximado de Marte?

Marte es aproximadamente de la mitad del tamaño que la Tierra. Por tanto, su radio será, aproximadamente:

$$R_{\text{Marte}} = \frac{R_{\text{Tierra}}}{2} = \frac{6378 \text{ km}}{2} = 3189 \text{ km}$$



**51** **TOMA LA INICIATIVA.** ¿Te parece una buena idea invertir dinero en una misión tripulada a Marte?

Respuesta personal. Los alumnos y alumnas deben valorar que las misiones espaciales son muy, muy caras. Y que, además, las misiones tripuladas son mucho más caras aún, pues las medidas de seguridad deben extremarse y, además, se programa un viaje de vuelta.

A su vez, las investigaciones y descubrimientos sobre materiales, tecnología, etc., suelen tener aplicaciones y beneficios aquí en la Tierra.

## INVESTIGA

**52** Repasa la experiencia sobre la fuerza centrípeta y representa en tres gráficas distintas:

- El periodo frente a la distancia.
  - La velocidad frente a la distancia.
  - La velocidad frente al periodo.
- Respuesta a partir de la experiencia.
  - Respuesta a partir de la experiencia.
  - Respuesta a partir de la experiencia.

**53** Para un satélite que orbita alrededor de un planeta, explica la relación que hay entre:

- El radio de la órbita y el periodo.
- El radio de la órbita y su velocidad.
- Su velocidad y el periodo.

- a) En un satélite la fuerza gravitatoria que ejerce el planeta es la fuerza centrípeta. Esto hace que cuanto más cerca del planeta órbita el satélite, más rápido se mueve y, por tanto, menor será el periodo, es decir, el tiempo que tarda el satélite en dar una vuelta completa alrededor del planeta.
- b) Cuando menor es el radio de la órbita, mayor es la velocidad.
- c) Cuando mayor es la velocidad, más cerca del planeta orbita el satélite y menor es el periodo.