

### EJERCICIOS PROPUESTOS

**6.1 ¿A qué se denomina equinoccio de primavera? ¿Por qué se dice que el equinoccio de primavera se produce, por ejemplo, el 22 de marzo?**

Es un punto de corte de la eclíptica y el ecuador celeste.

Porque es el momento (aproximado) en el que se produce dicho corte.

**6.2 Busca información en la biblioteca y en Internet, y comenta por escrito las utilidades prácticas que tenía la astronomía en la Antigüedad.**

Las observaciones astronómicas permitían fijar el calendario y predecir los eclipses y las posiciones de los cuerpos celestes.

**6.3 Señala las diferencias entre la trayectoria aparente de las estrellas y la de los planetas.**

Las estrellas completan una vuelta cada 24 horas: su trayectoria aparente es una circunferencia. Los planetas en determinadas posiciones de su trayectoria cambian el sentido de su movimiento y describen un bucle antes de continuar el movimiento en el sentido inicial: la trayectoria resultante en el firmamento es una trayectoria rizada.

**6.4 ¿Cómo explica Aristóteles la caída de un cuerpo pesado?**

Todos los cuerpos tienden a ocupar su lugar natural; por ello, al soltar un cuerpo pesado, tiende a caer para situarse debajo, que es su lugar natural.

**6.5 Señala qué fenómenos cotidianos apoyan el sistema geocéntrico de Ptolomeo.**

El sistema geocéntrico se ajusta a las observaciones cotidianas: el Sol sale, se mueve por el cielo y se pone cada día; las estrellas dan una vuelta completa en el firmamento también cada día; la Tierra ocupa una posición central en el universo.

**6.6 Explica cómo justifica el sistema geocéntrico de Ptolomeo la trayectoria aparente del Sol.**

En el sistema de Ptolomeo, el Sol describe una órbita circular en torno a la Tierra con un período de un día.

**6.7 Explica por qué las estrellas no presentan movimiento retrógrado en su trayectoria.**

Las estrellas están a distancias del Sol mucho mayores que los planetas.

**6.8 ¿Cómo justifica el sistema heliocéntrico de Copérnico la trayectoria aparente del Sol?**

En el sistema de Copérnico, el movimiento aparente del Sol se explica por el movimiento diario de rotación de la Tierra; aunque el Sol permanece fijo, un observador situado en la Tierra ve cómo gira con un período de un día.

**6.9 Enumera algunos de los argumentos que utilizaban los defensores del sistema geocéntrico.**

El sistema geocéntrico tenía a su favor su concordancia con las observaciones cotidianas y su correspondencia con la filosofía y con la física de Aristóteles, que daban una visión integral del mundo.

**6.10 Enuncia algunos de los argumentos que utilizaban los defensores del sistema heliocéntrico.**

El sistema heliocéntrico explicaba los mismos hechos que el sistema geocéntrico, pero justificaba algunos otros, como el brillo variable de los planetas Venus y Mercurio.

**6.11 ¿Por qué la velocidad de un planeta es mayor en el perihelio (punto más próximo al Sol) que en el afelio (punto más alejado)?**

Según la segunda ley de Kepler, el vector de posición de un planeta con respecto al Sol barre áreas iguales en tiempos iguales, por tanto, se mueve más deprisa cuando está próximo al Sol que cuando está alejado.

**6.12 Argumenta a partir de las leyes de Kepler por qué la duración del año de Marte es mayor que la del año terrestre.**

Marte está más alejado del Sol que la Tierra. De acuerdo con la tercera ley de Kepler, los planetas tienen períodos de revolución (o años) tanto mayores cuanto más alejados estén del Sol.

**6.13 Explica por qué la fuerza de atracción gravitatoria resulta inapreciable en muchas situaciones de la vida diaria.**

El valor de la constante G de gravitación universal explica que la fuerza de atracción entre cuerpos de masa pequeña sea inapreciable.

**6.14 Calcula la fuerza de atracción gravitatoria entre dos bolígrafos de 25 g cada uno situados sobre tu mesa a 10 cm de distancia.**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{0,025 \cdot 0,025}{0,1^2} = 4,17 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

**6.15 Calcula el valor de la aceleración de la gravedad sobre un avión que vuela a una altura de 20 000 m sobre la superficie de la Tierra.**

$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6 + 2,00 \cdot 10^4)^2} = 9,77 \text{ m/s}^2$$

**6.16 Explica por qué un astronauta no tiene el mismo peso en la Tierra que en la Luna. Calcula el peso en la Tierra de un astronauta que en la Luna pesa 114 N. Dato.  $g_L = 1,62 \text{ m/s}^2$**

La aceleración de la gravedad en la superficie de un astro depende de su masa y de su radio. Por ello, sobre la superficie de la Luna, la aceleración de la gravedad y el peso tienen valores diferentes a los que tienen sobre la superficie de la Tierra. El astronauta tiene la misma masa que en la Tierra, pero distinto peso.

$$\text{En la Luna: } P_L = m_a g_L \Rightarrow m_a = \frac{P_L}{g_L} = \frac{114 \text{ (N)}}{1,62 \text{ (m/s}^2)} = 70,37 \text{ kg.}$$

$$\text{En la Tierra: } P_T = m_a g_T = 70,37 \text{ (kg)} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2) = 689,63 \text{ N.}$$

**6.17 Comenta la siguiente afirmación: "La gravitación universal supuso la ruptura de la barrera cielos-Tierra".**

Newton aportó una teoría física que apoyaba la concepción heliocéntrica del universo. Llevó a cabo la unificación de la materia al romper la distinción aristotélica entre región terrestre y región celeste y al considerar los astros compuestos de la misma materia que la Tierra.

**6.18 ¿Cómo explica la teoría de la gravitación universal la caída de los cuerpos? ¿Es coherente con los descubrimientos de Galileo al respecto?**

La caída de los cuerpos se debe a la atracción de la Tierra sobre ellos; esta aceleración de caída es igual para todos.

Sí es coherente. De hecho, Newton continuó los pasos de Galileo y concluyó su tarea de elaborar una mecánica que fuera compatible con el sistema heliocéntrico.

**6.19 Explica a qué se denomina big bang. ¿Por qué la densidad y la temperatura del universo fueron disminuyendo con el tiempo?**

Los científicos consideran que el universo se originó en un proceso singular denominado gran explosión (big bang). Toda la masa del universo estaba concentrada en un punto con densidad y temperatura elevadísimas; en el instante del big bang el universo comenzó a expandirse, con lo que la densidad disminuyó y el universo se enfrió.

**6.20 ¿Qué edad atribuye la comunidad científica al universo? ¿Qué porcentaje de este tiempo había transcurrido cuando apareció el Homo sapiens?**

Los científicos consideran que el universo se originó hace unos quince mil millones de años ( $1,5 \cdot 10^{10}$ ) con la gran explosión (big bang).

El Homo sapiens apareció hace aproximadamente cuarenta mil años ( $4 \cdot 10^5$ ).

El porcentaje de tiempo de existencia del Homo sapiens en la vida del universo es:

$$\frac{4 \cdot 10^5}{1,5 \cdot 10^{10}} \cdot 100 = 2,7 \cdot 10^{-3} \% = 0,0027\%$$

El porcentaje de tiempo transcurrido cuando apareció el Homo sapiens era:  $100 - 0,0027 = 99,99\%$ .

**6.21 ¿A qué astros llamamos oscuros? Explica cómo puede observarse un astro oscuro.**

Son cuerpos celestes que no emiten luz visible.

Actualmente se utilizan detectores de rayos gamma y de rayos X, detectores de rayos infrarrojos y radiotelescopios para detectar las ondas de radio. Con ellos se han podido estudiar cuerpos oscuros.

**6.22 Indica qué ventaja tiene situar los telescopios en satélites artificiales.**

La atmósfera absorbe una parte de cualquier radiación electromagnética que llega a la Tierra. Para conseguir observaciones nítidas, se sitúan los detectores de ondas electromagnéticas fuera de la atmósfera en los satélites artificiales.

## CIENCIA APLICADA

**6.23 Cita dos agencias espaciales que participen en la EEI.**

La NASA (USA) y la ESA (Agencia Espacial Europea).

**6.24 Señala cuál es la principal fuente de energía que utiliza la EEI.**

La energía solar.

## EJERCICIOS DE APLICACIÓN

**6.25 Señala las principales aportaciones de Galileo en defensa del sistema heliocéntrico.**

Galileo aportó argumentos decisivos en apoyo del sistema heliocéntrico. Con un anteojo construido por él mismo observó el firmamento; vio los cráteres de la Luna y las manchas solares, lo que mostraba que los cuerpos celestes no son inmutables, como sostenía Aristóteles; observó que unas estrellas estaban más alejadas que otras, lo que contradecía la idea de una esfera de estrellas fijas. En 1610 observó por primera vez los satélites del planeta Júpiter, lo que implicaba que no todos los astros giraban en torno a la Tierra, como sostenían los geocentristas.

**6.26 Calcula la fuerza con que se atraen dos libros de 500 g y 400 g situados sobre una mesa, si la distancia entre ellos es de 80 centímetros.**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{0,5 \cdot 0,4}{0,8^2} = 2,1 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

**6.27 El planeta Marte tiene una masa de  $6,42 \cdot 10^{23}$  kg y su radio es de 3397 kilómetros.**

a) Calcula el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de Marte.

b) ¿Qué peso tendría un astronauta de 80 kg en la superficie de Marte?

c) Compara el resultado anterior con lo que pesa el astronauta en la Tierra.

a)  $g_M = G \frac{M_M}{R_M^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6,42 \cdot 10^{23}}{(3,40 \cdot 10^6)^2} = 3,7 \text{ m/s}^2$

b)  $P_M = m g_M; P_M = 80 \text{ (kg)} \cdot 3,7 \text{ (m/s}^2) = 296 \text{ N}$

c)  $P_T = m g_T; P_T = 80 \text{ (kg)} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2) = 784 \text{ N}$

**6.28** Halla el valor de la aceleración de la gravedad sobre un satélite artificial que gira alrededor de la Tierra a una altura de 1000 km sobre su superficie.

$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6 + 1,00 \cdot 10^6)^2} = 7,34 \text{ m/s}^2$$

**6.29** Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) La Estrella Polar está cerca del Polo Norte.
- b) La trayectoria aparente de un planeta sobre la bóveda celeste es una circunferencia.
- c) El sistema geocéntrico permite predecir con exactitud los eclipses de Sol y de Luna.
- d) El sistema heliocéntrico sitúa a la Tierra en el centro del universo.

- a) Falsa. La Estrella Polar está muy próxima al Polo Norte celeste.
- b) Falsa. El movimiento de los planetas en la bóveda celeste se denomina retrógrado (en determinadas posiciones de su trayectoria cambian el sentido de movimiento y describen un bucle).
- c) Verdadera. Se podían predecir las posiciones de los cuerpos celestes en el pasado y en el futuro.
- d) Falsa. El sistema heliocéntrico sitúa el Sol en el centro del universo.

**6.30** Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Las teorías de Newton se apoyaban en el sistema geocéntrico.
- b) Las mareas son manifestaciones de la fuerza de atracción gravitatoria.
- c) La teoría de la gravitación universal rompía con la distinción aristotélica entre región terrestre y región celeste.
- d) La fuerza de atracción gravitatoria es inobservable entre objetos pequeños.

- a) Falsa. Las teorías de Newton se apoyaban en el sistema heliocéntrico.
- b) Verdadera. Se deben a la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre las aguas marinas.
- c) Verdadera. La teoría de la gravitación universal afecta a todos los cuerpos con masa, incluida la Tierra.
- d) Verdadera. Debido al valor de la constante G, la fuerza de atracción entre cuerpos de masa pequeña es inapreciable.

#### PROBLEMAS DE SÍNTESIS

**6.31** Explica el movimiento retrógrado del planeta Marte según el sistema geocéntrico y según el sistema heliocéntrico.

- a) El sistema geocéntrico describe el movimiento de Marte mediante la composición de dos movimientos circulares: Marte describe una órbita circular, denominada epiciclo, alrededor de un punto C; mientras que dicho punto C describe una órbita circular cuyo centro es la Tierra.
- b) El sistema heliocéntrico explica el movimiento de Marte por la trayectoria observada del planeta cuando se toma como sistema de referencia la Tierra; la retrogradación es un efecto visual debido a la posición del observador terrestre.

**6.32** Calcula el valor de la constante de proporcionalidad  $k$  de la tercera ley de Kepler a partir de los valores de la distancia entre la Tierra y el Sol ( $1,5 \cdot 10^{11}$  m), y de la duración del año terrestre. Después halla las siguientes cantidades:

a) La distancia del planeta Marte al Sol sabiendo que el año marciano dura 687 días.

b) El tiempo que tarda en completar su órbita alrededor del Sol el planeta enano Ceres, situado entre las órbitas de Marte y Júpiter, a 414 millones de kilómetros del Sol.

Tercera ley de Kepler:  $T^2 = k r^3$ .

En el caso de la Tierra:  $T = 365$  días =  $365$  (días)  $\cdot 8,64 \cdot 10^4$  (s/día) =  $3,15 \cdot 10^7$  s.

$$T^2 = k r^3 \Rightarrow (3,15 \cdot 10^7)^2 = k (1,50 \cdot 10^{11})^3 \Rightarrow k = 2,94 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$$

a) Para el planeta Marte:

$$T' = 687 \text{ días} = 687 \text{ (días)} \cdot 8,64 \cdot 10^4 \text{ (s/día)} = 5,94 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$T'^2 = k r'^3 \Rightarrow (5,94 \cdot 10^7)^2 = 2,94 \cdot 10^{-19} \cdot r'^3 \Rightarrow r' = 2,29 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

b) Para el planeta Ceres:

$$r'' = 4,14 \cdot 10^8 \text{ km} = 4,14 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$T''^2 = k r''^3 \Rightarrow T''^2 = 2,94 \cdot 10^{-19} \cdot (4,14 \cdot 10^{11})^3 \Rightarrow T'' = 1,44 \cdot 10^8 \text{ s} = 1666,67 \text{ días} = 4,6 \text{ años terrestres}$$

**6.33** Explica cómo varía la fuerza de la gravedad entre dos cuerpos cuando se duplica la distancia que los separa.

Si están a la distancia  $d$ :  $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$ .

Si están a la distancia  $2d$ :  $F' = G \frac{m_1 m_2}{(2d)^2} = G \frac{m_1 m_2}{4d^2} = \frac{1}{4} G \frac{m_1 m_2}{d^2} = \frac{1}{4} F$ .

La fuerza de atracción gravitatoria entre los dos cuerpos se ha hecho cuatro veces menor.

**6.34** Argumenta si una piedra que cae ejerce o no una fuerza de atracción gravitatoria sobre la Tierra.

Contesta la misma cuestión si la piedra se encuentra en reposo en tu mano.

La fuerza de atracción gravitatoria entre dos masas es mutua y de igual intensidad. La fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre la piedra es igual, pero de sentido contrario, a la fuerza que ejerce la piedra sobre la Tierra.

Si la piedra se encuentra en reposo sobre la mano, esta ejerce una fuerza de reacción igual al peso de la piedra que evita que se precipite al suelo.

**6.35** Dos camiones de 10 toneladas cada uno se encuentran a 10 m de distancia. Calcula:

a) La fuerza gravitatoria que ejerce cada uno sobre el otro.

b) La aceleración producida en cada uno de ellos por esta fuerza de atracción.

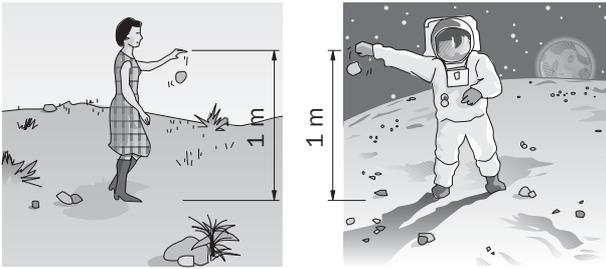
c) Suponiendo que no hubiera rozamiento, el tiempo que tardaría uno de ellos en recorrer un centímetro desde el reposo.

$$a) F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10^4 \cdot 10^4}{10^2} = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$b) a = \frac{F}{m} = \frac{6,67 \cdot 10^{-5}}{10^4} = 6,67 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2$$

$$c) s = \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-2}}{6,67 \cdot 10^{-9}}} = 1,73 \cdot 10^3 \text{ s}$$

6.36 Se deja caer un objeto desde una altura de 1 metro. Calcula cuánto tiempo tarda el objeto en llegar al suelo en estas dos situaciones:



a) En la superficie de la Tierra.

b) En la superficie de la Luna.

Según la expresión de la altura de un cuerpo que cae desde una altura inicial  $h_0$ :

$$h = h_0 - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}; \text{ donde } h = 0 \text{ (llega al suelo).}$$

a) En la superficie de la Tierra ( $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ ):  $t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9,80}} = 0,45 \text{ s.}$

b) En la superficie de la Luna ( $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ , ver actividad 16):  $t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1,62}} = 1,11 \text{ s.}$

6.37 Galileo, Kepler y Newton contribuyeron a elaborar una teoría racional del universo. Busca en Internet información sobre sus trabajos. Después responde a las siguientes preguntas:

a) ¿En qué obra criticó explícitamente Galileo la distinción aristotélica entre física terrestre y física celeste?

b) ¿Qué fenómenos naturales observó Galileo con el antejo?

c) ¿En cuál de sus obras publicó Kepler sus dos primeras leyes?

d) ¿Qué investigaciones desarrolló Kepler en el campo de la óptica? ¿Y Newton?

e) ¿Cuál es la obra más importante de Newton, en la que formuló las leyes fundamentales del movimiento?

a) "Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo".

b) La Luna, los satélites de Júpiter y las fases de Venus.

c) "Astronomia nova".

d) Kepler: el enunciado de una aproximación a la ley de la refracción, la distinción entre los problemas físicos de la visión y sus aspectos fisiológicos y el análisis del aspecto geométrico de diversos sistemas ópticos.

Newton: la composición de la luz blanca, la naturaleza corpuscular de la luz y el diseño del primer telescopio de reflector.

e) "Principios matemáticos de filosofía natural".

6.38 La excentricidad de la órbita de la Tierra es tan pequeña que se puede considerar como una órbita circular. Realiza los siguientes cálculos:

- La velocidad angular de la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol.
- La velocidad lineal de la Tierra en su órbita.
- La aceleración centrípeta que sufre la Tierra.
- La fuerza de atracción gravitatoria que ejerce el Sol sobre la Tierra.
- La masa del Sol.

**Datos.** Distancia<sub>Tierra-Sol</sub> =  $1,5 \cdot 10^{11}$  m;  $M_{\text{Tierra}} = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg

- a) El período que tarda la Tierra en recorrer su órbita es un año:  $T = 1 \text{ año} = 3,15 \cdot 10^7$  s.

La velocidad angular de la Tierra (1 vuelta en 1 año):  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3,15 \cdot 10^7} = 1,99 \cdot 10^{-7}$  rad/s.

- b) El radio de la trayectoria terrestre es:  $R = 1,50 \cdot 10^{11}$  m.

La velocidad lineal de la Tierra en su órbita alrededor del Sol:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 1,50 \cdot 10^{11}}{3,15 \cdot 10^7} = 2,99 \cdot 10^4 \text{ m/s.}$$

- c)  $a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{(2,98 \cdot 10^4)^2}{1,50 \cdot 10^{11}} = 5,96 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2.$

- d) La fuerza de atracción gravitatoria es la fuerza centrípeta sobre la Tierra:

$$F_c = M_T a_c = 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 5,96 \cdot 10^{-3} = 3,56 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

- e)  $F = G \frac{M_s M_T}{R^2} \Rightarrow M_s = \frac{F R^2}{G M_T} = \frac{3,56 \cdot 10^{22} \cdot (1,50 \cdot 10^{11})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}} = 2,01 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

6.39 Señala cuáles de las magnitudes siguientes determinan el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de Marte.

- La masa del planeta.
- La masa del Sol.
- El radio del planeta.
- La distancia de Marte al Sol.
- La distancia de Marte a la Tierra.

La gravedad en la superficie de Marte viene expresada por  $g = G \frac{M_M}{R_M^2}.$

Depende, por tanto, de la masa del planeta ( $M_M$ ) y del radio del planeta ( $R_M$ ).

No intervienen ni la masa del Sol, ni la distancia de Marte al Sol, ni la distancia de Marte a la Tierra.

6.40 Ordena de mayor a menor tamaño los siguientes componentes del universo: la Luna, la Vía Láctea, el Sol, la Tierra, el Grupo Local y el sistema solar.

El Grupo Local, la Vía Láctea, el sistema solar, el Sol, la Tierra, la Luna.

6.41 Razona si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- La edad del universo es inferior a mil millones de años.
- Las galaxias se separan unas de otras continuamente.
- Algunos astros no emiten luz visible.
- Los telescopios se sitúan en la cima de las montañas para que estén más cerca de las estrellas y facilitar su observación.



- Falsa. La edad del universo es de unos quince mil millones de años.
- Verdadera. La expansión del universo hace que las galaxias se alejen continuamente unas de otras.
- Verdadera. Muchos astros radian su energía mediante ondas electromagnéticas que no pertenecen al espectro visible.
- Falsa. Se sitúan en la cima de las montañas para disminuir el efecto de la absorción de la atmósfera.

#### PARA PENSAR MÁS

6.42 Calcula el peso que tendría un astronauta de 80 kg en los siguientes casos:

- En la superficie de la Tierra.
- A una altura de 500 km sobre la superficie terrestre.
- En la superficie del planeta Marte.

**Datos.**  $M_{\text{Tierra}} = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg;  $R_{\text{Tierra}} = 6,37 \cdot 10^6$  m;  $M_{\text{Marte}} = 6,42 \cdot 10^{23}$  kg;  $R_{\text{Marte}} = 3,4 \cdot 10^6$  m

- $P = m g = 80 \cdot 9,8 = 784$  N
- El valor de  $g$  a 500 km de altura es:

$$g' = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6 + 5,00 \cdot 10^5)^2} = 8,45 \text{ m/s}^2.$$

El peso,  $P = m g = 80 \cdot 8,45 = 676$  N.

- El valor de  $g$  en Marte es:  $g_M = G \frac{M_M}{R_M^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6,42 \cdot 10^{23}}{(3,4 \cdot 10^6)^2} = 3,7 \text{ m/s}^2.$

El peso en Marte,  $P_M = m g_M = 80 \cdot 3,7 = 296$  N.

6.43 La Estación Espacial Internacional (EEI) gira alrededor de la Tierra a una altura de 450 km sobre su superficie. Calcula estas cantidades:

- El valor de la aceleración de la gravedad a esa altura sobre la superficie terrestre.
- La velocidad a la que se mueve la EEI expresada en kilómetros por hora.
- El tiempo que tarda la EEI en completar una órbita alrededor de la Tierra.

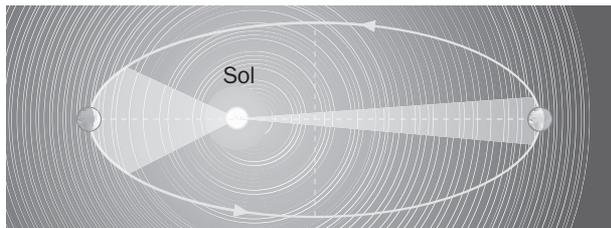
- $g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6 + 4,50 \cdot 10^5)^2} = 8,58 \text{ m/s}^2$

- La aceleración de la gravedad es la aceleración centrípeta que mantiene a la EEI en su órbita:

$$g = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{gR} = \sqrt{8,58 \cdot (6,37 \cdot 10^6 + 4,50 \cdot 10^5)} = 7,6 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 2,7 \cdot 10^4 \text{ km/h}$$

- El tiempo,  $T$ , en recorrer una órbita:  $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \cdot (6,37 \cdot 10^6 + 4,50 \cdot 10^5)}{7,6 \cdot 10^3} = 5,6 \cdot 10^3$  s.

- 6.44 La observación del firmamento desde el hemisferio norte terrestre muestra que el Sol se mueve más deprisa sobre la bóveda celeste en invierno que en verano.



Según la segunda ley de Kepler, ¿cuándo está la Tierra más cerca del Sol?

Como consecuencia de la segunda ley de Kepler, un planeta se mueve más deprisa cuando está próximo al Sol que cuando está lejos; por tanto, el Sol está más cerca de la Tierra cuando es invierno en el hemisferio norte.

- 6.45 Calcula qué fuerza de atracción gravitatoria está ejerciendo la Luna sobre un compañero tuyo de 65 kilogramos.

¿Crees que se puede argumentar que los astros tienen una influencia en nuestras vidas?

La masa lunar es  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22}$  kg.

La distancia de un punto de la superficie terrestre al centro de la Luna es igual a la diferencia entre la distancia de la Tierra a la Luna (384 000 km) y el radio terrestre (6370 km):  $d = 3,78 \cdot 10^8$  m.

La atracción gravitatoria ejercida por la Luna sobre una persona situada sobre la superficie de la Tierra es:

$$F = G \frac{M_L m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,34 \cdot 10^{22} \cdot 65}{(3,78 \cdot 10^8)^2} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

## TRABAJO EN EL LABORATORIO

- 1 Señala qué errores experimentales se han cometido en la medida de las distancias y en la medida de los tiempos.

Lo más corriente es que se cometan errores accidentales por factores de tipo personal o externos al observador, que modifiquen la apreciación del resultado. Por ejemplo, en este caso, es posible que se cometa un error al colocar la esfera metálica, pues debemos cuidar que se coloque bastante próxima a la puerta óptica superior.

- 2 ¿Qué gráfica se hubiera obtenido si se representaran los valores de la distancia  $h$  frente a los valores del tiempo  $t$ ?

Se hubiera obtenido una parábola del tipo:

