Actividades Tema 8 GRAVITACIÓN. LA TIERRA EN EL UNIVERSO

Pág. 188	nº 2 y **<u>4</u>**
Pág. 189	nº **<u>7</u>**
Pág. 190	nº **<u>8</u>**
Pág. 191	nº 9 y **<u>10</u>**
Pág. 192	nº 11 y **<u>12</u>**
Pág. 194	nº **<u>16</u>**
Pág. 196	nº **<u>18</u>**
Pág. 198	nº **<u>20</u>** y 22

PRACTICA

Pag 201	nº 34, **<u>35</u>**, 37 y **<u>38</u>**
Pag 202	nº **<u>40</u>**, **<u>41</u>**, **<u>48</u>**, y **<u>53</u>**
Pag 203	nº 55, **<u>60</u>**, y **<u>62</u>**

APLICA LO APRENDIDO

Pag 203	nº **<u>65</u>**

Se corregirán preferentemente las actividades **<u>subrayadas</u>** y en **<u>negrita</u>**.

Actividades Unidad

2. Describe las características fundamentales del modelo geocéntrico que propuso Aristóteles. ¿Por qué este modelo parecía más real que el de Aristarco?

Aristóteles consideraba que la Tierra era una esfera inmóvil situada en el centro del universo y que los cuerpos celestes se movían en esferas concéntricas alrededor de ella. Las estrellas, que se consideraban fijas en el espacio, se situaban en la esfera más externa, considerándose ese punto el más lejano del universo conocido. El modelo geocéntrico propuesto por Aristóteles parecía más real porque coincide con nuestra percepción inmediata, pues observamos los astros girando alrededor de la Tierra (el Sol sale y se pone, la Luna también, etc.).

4. Describe brevemente el modelo heliocéntrico de Copérnico. ¿Por qué crees que fue aceptado tan rápidamente por los astrónomos de la época?

El modelo de Nicolás Copérnico es un modelo heliocéntrico (del griego «helios» que significa «Sol»), según el cual el Sol se encuentra en el centro del universo, y todos los demás astros, como la Tierra, giran a su alrededor. Además, Copérnico consideró que la Luna describía un movimiento de traslación alrededor de la Tierra, y esta un movimiento de rotación alrededor de su eje (como una peonza). No obstante, mantuvo los epiciclos de Ptolomeo, y la esfera más externa de estrellas fijas. El modelo fue aceptado por los astrónomos de la época, no así por la doctrina eclesiástica, porque era coherente con las observaciones y porque el modelo geocéntrico vigente, además de su complejidad, no lograba explicar todos los fenómenos observados.

7. Compara el modelo heliocéntrico de Copérnico con la descripción del sistema solar que se deriva de las leyes de Kepler, señalando sus semejanzas y diferencias.

El modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico fue perfeccionado por Kepler. Comparando ambos modelos, podemos decir que:

- Tienen en común el situar al Sol en el centro del universo.
- Se diferencian en las órbitas que describen los planetas. Para Copérnico son circulares, mientras que para Kepler son elípticas.
- También se diferencian en la velocidad de los planetas. Para Copérnico es constante, pero Kepler descubrió que se mueven a mayor velocidad cuanto más próximos al Sol se encuentran. La velocidad es variable, aunque las áreas barridas en el mismo intervalo de tiempo son iguales.

8. Calcula la fuerza de atracción entre la Tierra y la Luna a partir de estos datos: m_{Tierra} = 5,97·10^{24} kg; m_{Luna} = 7,4·10^{22} kg; distancia $_{Tierra\text{-}Luna}$ = 384400 km.

Aplicando la ley de la gravitación universal, sustituyendo los datos de que disponemos y considerando que 384400 km = 3,844·10^8 m, tendremos:

$$F = G \cdot \frac{M_{Tierra} \cdot M_{Luna}}{d^2}$$

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg \cdot 7{,}4 \cdot 10^{22}\ kg}{(3{,}844 \cdot 10^8\ m)^2} = 2 \cdot 10^{20}\ N$$

9. Calcula la aceleración de la gravedad a 100 km de altura y a 250 km de altura sobre la superficie terrestre. ¿Son lógicos los resultados obtenidos?

Para calcular el valor de la aceleración de la gravedad, necesitamos la masa de la Tierra (5,97·10^{24} kg), y su radio (6,37·10^6 m), además de la constante de gravitación universal (G). Teniendo en cuenta que antes de sustituir, si nos encontramos a una cierta altura sobre la superficie terrestre, debemos sumar ese valor al radio de la Tierra, podremos calcular el valor de la gravedad del siguiente modo:

- 100 km de altura:

Considerando que 100 km = 100000 m = 10^5 m

$$d = R_{Tierra} + h = 6{,}37 \cdot 10^6\ m\ +\ 10^5\ m = 6{,}47 \cdot 10^6\ m$$

$$g = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{d^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg}{(6{,}47 \cdot 10^6\ m)^2} = 9{,}5\ \ m/s^2$$

- 250 km de altura:

Considerando que 250 km = 250000 m = 2,5·10^5 m

$$d = R_{Tierra} + h = 6{,}37 \cdot 10^6\ m\ +\ 2{,}5 \cdot 10^5\ m = 6{,}62 \cdot 10^6\ m$$

$$g = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{d^2} =\ 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg}{(6{,}62 \cdot 10^6\ m)^2} = 9{,}09\ \ m/s^2$$

Los resultados obtenidos son lógicos, pues a medida que nos alejamos del centro de la Tierra, disminuye el valor de la aceleración de la gravedad y, por tanto, de la fuerza gravitatoria que nuestro planeta ejerce sobre cualquier objeto situado en dicho punto.

10. Calcula, mediante la ley de la gravitación, el peso de un astronauta en la superficie de la Luna, sabiendo que la masa del astronauta con el traje espacial es de unos 200 kg. El radio medio de la Luna es de 1740 km y su masa 7,4·10^{22} kg. ¿Cuánto valdría la aceleración de la gravedad lunar?

El peso del astronauta, o fuerza de atracción gravitatoria que la Luna ejerce sobre él, se calcula mediante la ley de la gravitación universal, considerando que la distancia entre el centro de la Luna y el astronauta viene dada por su radio, es decir, es R_{Luna} = 1740 km = 1,74·10^6 m:

$$F = P = G \cdot \frac{M_{Luna} \cdot m_{astronauta}}{R_{Luna}^2}$$

$$F = P = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{7{,}4 \cdot 10^{22}\ kg \cdot 200\ kg}{(1{,}74 \cdot 10^6\ m)^2} = 326{,}1\ N$$

La aceleración de la gravedad puede calcularse a partir de la masa de la Luna y su radio, resultando que es aproximadamente1,6 m/s^2, unas 6 veces menor que la gravedad terrestre:

$$g = G \cdot \frac{M_{Luna}}{R_{Luna}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{7{,}4 \cdot 10^{22}\ kg}{(1{,}74 \cdot 10^6\ m)^2} = 1{,}6\ m/s^2$$

11. Sabiendo que la masa del Sol es de 1,99·10^{30} kg y que la distancia media entre la Tierra y el Sol es de, aproximadamente, 150 millones de km, calcula:

a) La fuerza centrípeta que mantiene a la Tierra en su órbita. Recuerda, para el cálculo, que la masa de la Tierra es 5,97·10^{24} kg. La fuerza centrípeta viene dada por la fuerza gravitatoria con que el Sol atrae a la Tierra, que puede calcularse utilizando la ley de la gravitación universal:

$$F_c = G \cdot \frac{M_{Sol} \cdot M_{Tierra}}{d_{Sol-Tierra}^2}$$

Considerando que 150 millones de km = 150000000000 m = 1,5·10^{11} m

$$F_c = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{1{,}99 \cdot 10^{30}\ kg \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg}{(1{,}5 \cdot 10^{11}\ m)^2} = 3{,}52 \cdot 10^{22}\ N$$

b) La velocidad orbital de la Tierra. Igualando las expresiones de la fuerza centrípeta y la fuerza gravitatoria y despejando el valor de la velocidad, se obtiene que la velocidad orbital de la Tierra es:

$$v_{Tierra} = \sqrt{G \cdot \frac{M_{Sol}}{d_{Sol-Tierra}}}$$

$$v_{Tierra} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{1{,}99 \cdot 10^{30}\ kg}{1{,}5 \cdot 10^{11}\ m}} = 29747\ m/s$$

12. Considerando el valor de la velocidad orbital de la Tierra y suponiendo que la órbita que describe alrededor del Sol es circular, calcula el período orbital de la Tierra, es decir, el tiempo que tarda en describir su órbita completa. ¿Es coherente el resultado obtenido con la duración del año terrestre?

Para calcular el tiempo que la Tierra tarda en completar una órbita, debemos dividir la longitud de la circunferencia que describe ($2\pi \cdot r$) entre la velocidad a la que se desplaza (velocidad orbital). De este modo, tenemos:

$$T_{Tierra} = \frac{2\,\pi \cdot d_{Sol-Tierra}}{v_{Tierra}} = \frac{2\,\pi \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11}\ m}{29747\ m/s} = 3{,}17 \cdot 10^{7}\ s = 367\ días$$

El resultado es coherente pues, aunque sabemos que la Tierra tarda 365 días en completar una vuelta, debe tenerse en cuenta que se han realizado aproximaciones, como redondeos en los datos, y se ha considerado que la órbita de la Tierra es circular y su velocidad constante.

16. Contesta las siguientes cuestiones sobre los satélites geoestacionarios:

a) ¿Por qué no son útiles para explorar las zonas polares? Porque los satélites geoestacionarios solo pueden situarse en el plano ecuatorial, es decir, no pueden describir otras órbitas que la ecuatorial, dado que su movimiento está sincronizado con el de rotación terrestre.

b) ¿Por qué deben situarse a tanta altura? Razona tu respuesta sobre la expresión que nos da la velocidad orbital. El período de rotación de la Tierra es de 24 horas. El satélite geoestacionario debe tener un período similar, para lo cual su velocidad no puede ser tan alta como la de los no geoestacionarios, cuyo período es mucho menor. Para que la velocidad sea menor, debe aumentar la altura a la que se encuentra el satélite, como se observa en la expresión de la velocidad orbital, en la que la altura aparece en el denominador.

18. El estudio del Sol ha revelado datos sorprendentes, que nos ayudan a comprender los procesos que tienen lugar dentro de una estrella. Busca la

información necesaria y explica el significado de los siguientes conceptos, relacionados con el Sol:

a) Fotosfera. **b) Mancha solar.**
c) Cromosfera. **d) Viento solar.**

a) Fotosfera: es la superficie de la estrella. En el caso del Sol, la temperatura de su fotosfera es de aproximadamente unos 5500 °C y su grosor es de unos 400 km.

b) Mancha solar: es una zona del Sol cuya temperatura es algo menor que el resto de la superficie de la fotosfera, en torno a los 4000 °C.

c) Cromosfera: es una delgada capa de plasma que se sitúa por encima de la fotosfera, a unos 10000 km de esta. Se observa como una corona anaranjada-rojiza cuando tiene lugar un eclipse total de Sol.

d) Viento solar: es una emisión de partículas de alta energía (fundamentalmente protones y electrones) que proceden de la estrella, debido al intenso campo magnético que esta genera. El viento solar puede provocar perturbaciones en las telecomunicaciones terrestres o afectar a los satélites que orbitan alrededor de la Tierra. También es responsable de las auroras, que se producen cuando las partículas son atrapadas por el campo magnético terrestre.

20. Define, con ayuda de libros o de Internet, los siguientes conceptos, relacionados con la vida de las estrellas:

a) Gigante roja. **b) Enana blanca.**
c) Estrella de neutrones. **d) Agujero negro.**
e) Púlsar. **f) Quásar.**

a) Gigante roja: es una estrella en su fase final, que aumenta enormemente su tamaño, absorbiendo los astros que se encuentran en sus proximidades y adquiriendo un color rojizo debido al enfriamiento producido por la dilatación. Se estima que el Sol llegará a ser una gigante roja dentro de 4500 millones de años, y atraerá sobre sí a Mercurio, a Venus y a la Tierra.

b) Enana blanca: es una estrella residual procedente del agotamiento del combustible de una estrella cuya masa no era demasiado grande. Su densidad es elevada, y finalmente acaba consumiéndose por completo.

c) Estrella de neutrones: es un astro que se forma después de explotar una supernova.

d) Agujero negro: es una zona del espacio en la que se produce una enorme concentración de masa, de modo que la atracción gravitatoria que se ejerce es muy alta.

e) Púlsar: es una estrella de neutrones que emite radiación electromagnética, pero lo hace en forma de pulsos, periódicamente.

f) Quásar: es un astro que se asemeja a una estrella, aunque realmente no lo es. Se cree que la luz que emiten los quásares procede de la materia que absorbe un agujero negro existente en su centro.

22. La teoría del *big bang* es, a pesar de las dificultades que plantea, la más aceptada para intentar explicar el origen del universo y su estado actual. ¿Cómo justifica esta teoría dos hechos constatados: la expansión del universo y la radiación de fondo detectada hace varias décadas?

La teoría del *big bang* se basa en dos hechos constatados que justifica del siguiente modo:

- Se ha detectado un progresivo alejamiento de las galaxias entre sí, lo cual se explica porque tras una gran explosión inicial, la materia comenzó a agruparse formando planetas, estrellas, galaxias, etc., al mismo tiempo que se alejaba del punto en que ocurrió la explosión.

- La detección de una radiación de fondo se explica como la existencia de una energía residual liberada en la gran explosión que dio lugar al universo.

PRACTICA

34. Aplica la ley de la gravitación universal en cada uno de los casos que se plantean a continuación, para calcular:

a) La fuerza con que se atraen dos masas de 5 t separadas 12 m.
b) La distancia entre dos masas de $3 \cdot 10^6$ kg y $8 \cdot 10^9$ kg que se atraen con una fuerza de 0,4 N.
c) La masa que, separada una distancia de 4 m de otra masa de 6000 kg, ejerce sobre ella una fuerza de atracción de 0,024 N.

a) En el primer caso, considerando que para ambos cuerpos las masas son de 5000 kg y que la distancia entre ambos es 12 m, la fuerza de atracción gravitatoria será:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5000\ kg \cdot 5000\ kg}{(12\ m)^2} = $$
$$= 1{,}16 \cdot 10^{-5}\ N$$

b) En el segundo caso, se calculará la distancia despejando de la expresión anterior:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad \Longrightarrow \quad d^2 = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{F}$$

$$d = \sqrt{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{F}}$$

$$d = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2 \cdot 3 \cdot 10^6\ kg \cdot 8 \cdot 10^9\ kg}{0{,}4\ N}} = 2000{,}5\ m$$

$$d = 2000{,}5\ m \approx 2\ km$$

c) Al igual que en caso anterior, es necesario despejar antes de sustituir:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad \Longrightarrow \quad m_2 = \frac{F \cdot d^2}{G \cdot m_1}$$

$$m_2 = \frac{0{,}024\ N \cdot (4\ m)^2}{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2 \cdot 6000\ kg} = 959520\ kg \approx 960\ t$$

35. En un laboratorio de investigación están intentando determinar el valor de G, la constante gravitatoria. Para eso, miden la fuerza que se ejercen dos masas de 5 kg a una distancia de 5 cm, y resulta ser de 0,7 µN. Calcula el valor de G a partir de esos datos y compáralo con el valor real. ¿Cuáles son los errores absoluto y relativo cometidos?

Si se dispone de los datos de masa de los cuerpos (5 kg en cada caso), y la distancia de separación (5 cm = 0,05 m), además de la fuerza con que se atraen (0,7 µN = $7{\cdot}10^{-7}$ N), se puede despejar y calcular el valor de la constante de gravitación universal que se deduce de esta experiencia:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad \Longrightarrow \quad G = \frac{F \cdot d^2}{m_1 \cdot m_2}$$

$$G = \frac{7 \cdot 10^{-7} N \cdot (0{,}05\ m)^2}{5\ kg \cdot 5\ kg} = 7 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Los errores absoluto y relativo serán:

$$Error\ absoluto = \left|G_{experimental} - G\right| = |7 \cdot 10^{-11} - 6{,}67 \cdot 10^{-11}| =$$
$$= 3{,}3 \cdot 10^{-12}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

$$Error\ relativo = \frac{Error\ absoluto}{Valor\ verdadero} \cdot 100 = \frac{3{,}3 \cdot 10^{-12}}{6{,}67 \cdot 10^{-11}} \cdot 100 = 5\%$$

37. Basándote en la ley de la gravitación, explica de qué factores depende la aceleración de la gravedad, *g*, y cómo cambia su valor a medida que ascendemos sobre la superficie terrestre.

La aceleración de la gravedad depende de la ***masa del astro***, ***planeta***, ***estrella*** u ***otro***, y de la ***distancia*** que exista entre el ***centro del astro*** y el ***cuerpo*** que es atraído.

A medida que la ***distancia*** de separación ***aumenta***, el valor de la aceleración de la ***gravedad disminuye***, ya que la distancia aparece en el denominador y, además, elevada al cuadrado.

38. Sabemos que el peso de un cuerpo es variable, mientras que su masa es siempre la misma. Calcula cuál sería el peso de un astronauta que, provisto de su equipo, tiene una masa de 150 kg, en los siguientes astros, a partir de los datos que se dan en la tabla:

	Masa (kg)	Radio (km)
Luna	$7{,}4 \cdot 10^{22}$	1 740
Marte	$6{,}42 \cdot 10^{23}$	3 397
Júpiter	$1{,}9 \cdot 10^{27}$	71 492
Saturno	$5{,}69 \cdot 10^{26}$	60 268
Neptuno	$1{,}02 \cdot 10^{26}$	24 746

Calcularemos el peso del astronauta en cada planeta:

Luna:

$$F = P = G \cdot \frac{M_{Luna} \cdot m_{astronauta}}{R_{Luna}^2}$$

$$= \ 6{,}67 \cdot 10^{-11} \ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{7{,}4 \cdot 10^{22} \ kg \ \cdot 150 \ kg}{(1{,}74 \cdot 10^6 \ m)^2} = \ 244{,}5 \ N$$

Marte:

$$P = F = G \cdot \frac{M_{Marte} \cdot m_{astronauta}}{R_{Marte}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{6{,}42 \cdot 10^{23}\ kg\ \cdot 150\ kg}{(3{,}397 \cdot 10^6\ m)^2} = 556{,}6\ N$$

Júpiter:

$$P = F = G \cdot \frac{M_{Júpiter} \cdot m_{astronauta}}{R_{Júpiter}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{1{,}9 \cdot 10^{27}\ kg\ \cdot 150\ kg}{(7{,}1492 \cdot 10^7\ m)^2} = 3719{,}3\ N$$

Saturno:

$$P = F = G \cdot \frac{M_{Saturno} \cdot m_{astronauta}}{R_{Saturno}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}69 \cdot 10^{26}\ kg\ \cdot 150\ kg}{(6{,}0268 \cdot 10^7\ m)^2} = 1567{,}3\ N$$

Neptuno:

$$P = F = G \cdot \frac{M_{Saturno} \cdot m_{astronauta}}{R_{Saturno}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{1{,}02 \cdot 10^{26}\ kg\ \cdot 150\ kg}{(2{,}4746 \cdot 10^7\ m)^2} = 1666{,}5\ N$$

40. Un planeta imaginario posee una masa igual a 0,85 veces la de la Tierra y un radio que es la mitad del de nuestro planeta. ¿Cuánto valdría la aceleración de la gravedad en su superficie? Razónalo a partir de la expresión que nos da el valor de la aceleración.

Suponiendo que no dispongamos de los valores de masa y radio de la Tierra, podemos calcular el valor de la gravedad en ese planeta del siguiente modo:

$$g_{Tierra} = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{R_{Tierra}^2}; \quad \Longrightarrow \quad g_{planeta} = G \cdot \frac{0{,}85 \cdot M_{Tierra}}{(0{,}5 \cdot R_{Tierra})^2}$$

Dividiendo ambas expresiones:

$$\frac{g_{planeta}}{g_{Tierra}} = \frac{G \cdot \dfrac{0{,}85 \cdot M_{Tierra}}{0{,}25 \cdot R_{Tierra}^2}}{G \cdot \dfrac{M_{Tierra}}{R_{Tierra}^2}} = \frac{0{,}85}{0{,}25} = 3{,}4 \quad \Longrightarrow \quad g_{planeta} = 3{,}4 \cdot \ g_{Tierra}$$

En dicho planeta, la gravedad es 3,4 veces mayor que en la Tierra, es decir, es 33,3 m/s^2.

41. Utilizando los datos de masa y radio del planeta Júpiter, calcula el valor de la gravedad en su superficie y el tiempo que tardaría en caer una bola desde una altura de 1,5 m en este planeta, comparándolo con el tiempo que tarda en la Tierra. Recuerda que se trata de un movimiento uniformemente acelerado, en el que la aceleración de caída viene dada por el valor de la aceleración de la gravedad.

En primer lugar, calcularemos la aceleración de la gravedad en la superficie del planeta Júpiter:

$$g_{Júpiter} = G \cdot \frac{M_{Júpiter}}{R_{Júpiter}^2}$$

$$g_{Júpiter} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{1{,}9 \cdot 10^{27} \ kg}{(7{,}1492 \cdot 10^7 \ m)^2} = 24{,}8 \ m/s^2$$

Teniendo en cuenta este valor y que la caída del objeto se rige por la correspondiente ecuación del movimiento uniformemente variado para un objeto que parte del reposo, tendremos:

- En la Tierra:

$$s = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad \Longrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}5 \ m}{9{,}8 \ m/s^2}} = 0{,}55 \ s$$

- En la Júpiter:

$$s = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad \Longrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}5 \ m}{24{,}8 \ m/s^2}} = 0{,}35 \ s$$

48. La velocidad orbital de los satélites no es la misma siempre, pues depende de varios factores (o variables). Indica si los siguientes factores influyen o no en la velocidad del satélite y, en caso afirmativo, cómo afecta a esta. No olvides justificar tu respuesta.

a) La masa del satélite.
b) La masa de la Tierra.
c) La altura a la que orbita.
d) El peso del satélite.

Antes de responder, debemos tener en cuenta cuál es la expresión para el cálculo de la velocidad orbital de un satélite:

$$v_{Satélite} = \sqrt{G \cdot \frac{M_{Tierra}}{R_{Tierra} + h}}$$

De acuerdo con esto, responderemos del siguiente modo:

a) La ***masa*** del ***satélite no influye*** sobre la velocidad orbital.
b) La ***masa*** de la ***Tierra sí influye***, pero su valor es constante.
c) La ***altura*** a la que órbita el satélite (h) es el ***factor determinante*** de la velocidad. A medida que la ***altura*** es ***mayor***, la ***velocidad*** es ***menor***, pues aparece en el denominador. De ahí que los geoestacionarios tengan un período orbital mayor, pues se desplazan a menor velocidad.
d) El ***peso*** del satélite ***no influye***, aunque también depende de la altura a la que se encuentre el satélite.

53. El telescopio no se inventó hasta principios del siglo XVII. Hasta entonces, las observaciones del universo se hacían a simple vista, pero actualmente son aparatos de uso cotidiano, no solo para los científicos, sino para los amantes de la Astronomía en general. ¿Qué tipos de telescopios ópticos existen? ¿Cuáles son sus similitudes y sus diferencias?

Los telescopios ópticos producen una imagen aumentada del objeto que se pretende visualizar. Pueden ser refractores, equipados con un sistema de lentes, y reflectores, que utilizan un conjunto de espejos para esa misma función.

55. Describe el sistema solar tal y como se conoce en la actualidad.

a) ¿Cuándo se cree que se formó?
b) ¿Qué porcentaje de la masa total se estima que concentra el Sol?
c) ¿Qué es y dónde se sitúa el cinturón de asteroides?

Alrededor del Sol, giran los planetas, por orden de proximidad: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, y Neptuno. Hasta hace poco, se consideró la existencia de un noveno planeta, Plutón, que hoy día ha pasado a ser considerado un planeta enano.

a) Se cree que se formó hace unos 5000 millones de años, a partir de una nube de gas y polvo interestelar.
b) El Sol concentra más del 99 % de toda la masa del sistema solar. Con un diámetro de 1,5 millones de km, su densidad aproximada es 1,4 veces la del agua.
c) El cinturón de asteroides se localiza entre los planetas Marte y Júpiter.

60. Describe la vida completa de una estrella de tamaño medio, como el Sol.
a) ¿Cómo se forma? Las estrellas como el Sol se forman inicialmente a partir de una masa de gas y polvo interestelar que comienza a agruparse debido a la fuerza de atracción gravitatoria. Al tiempo, se producen, debido a las altas presiones y temperaturas que se alcanzan, reacciones termonucleares que emiten gran cantidad de energía en forma de luz y calor.
b) ¿Qué evolución sigue a medida que se consume su combustible? En un momento dado, el combustible de la estrella se agota, y esta comienza a consumir sus capas de combustible más externas, aumentando su tamaño y disminuyendo su temperatura (adquiere un color rojizo) y pasando a convertirse en una gigante roja. A partir de ahí, una estrella de tamaño medio o pequeño, como el Sol, se convierte en una enana blanca, del tamaño de un planeta, pero mucho más densa, que se consume por completo.
c) ¿Podría dar lugar a una supernova? ¿Por qué? Esto no ocurriría en el caso del Sol, dado que su masa no es lo suficiente grande como para que se produzca el estallido.

62. Ordena las siguientes distancias interestelares, de menor a mayor:

a) $2\cdot10^{15}$ m. **c) 0,5 años-luz.**
b) 40 UA. **d) $3\cdot10^{-2}$ pc.**

Teniendo en cuenta las equivalencias entre estas unidades astronómicas, y expresando todas las distancias en metros, tendremos:

a) $2\cdot10^{15}\ m$.

b) $40\ UA \cdot \frac{1{,}496 \cdot 10^{11}\ m}{1\ UA} = 5{,}984 \cdot 10^{12}\ m$

c) $0{,}5\ años - luz \cdot \frac{9{,}45 \cdot 10^{15}\ m}{1\ año - luz} = 4{,}725 \cdot 10^{15}\ m$

d) $3 \cdot 10^{-2}\ pc \cdot \frac{3{,}26\ años - luz}{1\ pc} \cdot \frac{9{,}45 \cdot 10^{15}\ m}{1\ año - luz} = 9{,}242 \cdot 10^{14}\ m$

El orden correcto, de menor a mayor, es: **b < d < a < c**.

APLICA LO APRENDIDO

65. En las últimas dos décadas se viene desarrollando uno de los proyectos tecnológicos de mayor relevancia a nivel mundial, que consiste en la construcción de una estación espacial permanente en el espacio. Se trata de un proyecto en el que participan la *NASA*, la *FKA* y la *ESA*, que son las agencias espaciales norteamericana, rusa y europea, respectivamente, además de países como Canadá o Japón, entre otros. En la actualidad, la *ISS* (*International Space Station*), que orbita la Tierra a una altura de 400 km sobre la superficie terrestre, cuenta con cuatro laboratorios de investigación y, con una masa de unas 420 toneladas, ocupa una extensión similar a la de un campo de fútbol.

a) ¿Cuál es el valor de la gravedad terrestre en el punto en el que se encuentra la *ISS*?
b) ¿Qué fuerza gravitatoria ejerce la Tierra sobre la Estación Espacial Internacional?
c) ¿Cómo se explica el hecho de que se mantenga en una órbita estable, y no acabe cayendo hacia la superficie terrestre?
d) ¿A qué velocidad orbital gira la *ISS* alrededor de la Tierra?
e) ¿Cuánto tiempo tarda en completar un giro alrededor de nuestro planeta?
f) Desde un cierto punto de la superficie terrestre, la *ISS* describe un ángulo de 12º, desde que aparece por el horizonte hasta que se pierde por el lado contrario. De acuerdo con esto, ¿cuál es la longitud del arco que describe? ¿Durante cuánto tiempo es posible verla en estas condiciones?

a) La *ISS* se encuentra orbitando a una altura de 400 km = 400000 = $4 \cdot 10^5$ m sobre la superficie terrestre. El valor de la gravedad en ese punto será:

$$g = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{(R_{Tierra} + h)^2}$$

$$g = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg}{(6{,}37 \cdot 10^6\ m + 4 \cdot 10^5\ m)^2} = 8{,}96\ m/s^2$$

b) Para calcular la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre la estación espacial, debemos tener en cuenta que su masa es de 420 t = $4{,}2 \cdot 10^5$ kg.

$$F = G \cdot \frac{M_{Tierra} \cdot M_{ISS}}{(R_{Tierra} + h)^2}$$

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg \cdot 4{,}2 \cdot 10^5\ kg}{(6{,}37 \cdot 10^6\ m + 4 \cdot 10^5\ m)^2} = 3646985\ N$$
$$= 3{,}65 \cdot 10^6\ N$$

c) La *ISS* experimenta dos fuerzas en la dirección perpendicular a la superficie terrestre, pero de sentido contrario: por un lado, la ***fuerza gravitatoria***, dirigida hacia el centro de la Tierra (actúa, por tanto, como ***fuerza centrípeta***) y, por otro, la ***fuerza centrífuga*** de inercia, debida al giro, hacia el exterior de la trayectoria. Ambas fuerzas son del mismo valor y sentido contrario, por lo cual la *ISS* se mantiene en una órbita estable girando alrededor de la Tierra.

d) Para calcular la velocidad orbital de la estación, solo es necesario considerar que su altura es 400 km = 400000 = $4 \cdot 10^5$ m.

$$v_{ISS} = \sqrt{G \cdot \frac{M_{Tierra}}{R_{Tierra} + h}} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ kg}{(6{,}37 \cdot 10^6\ m + 4 \cdot 10^5\ m)}}$$
$$= 7669\ m/s = 27608\ km/h$$

e) El tiempo que tarda en completar cada vuelta a la Tierra es:

$$T_{ISS} = \frac{2\,\pi \cdot (R_{Tierra} + h)}{v_{ISS}} = \frac{2\,\pi \cdot 6{,}77 \cdot 10^6\ m}{7669\ m/s} = 5547\ s = 1\ h\ 32\,\mathrm{min}\,27\ s$$

f) La longitud del arco viene dada por: $l = \Delta\varphi \cdot R$, aunque debemos tener en cuenta que el ángulo se debe expresar en radianes (12º = 0,21 rad). Por tanto:

$$l = \Delta\varphi \cdot R = 0{,}21\ rad \cdot 6{,}77 \cdot 10^6\ m = 1421700\ m$$

Para calcular el tiempo que será visible la *ISS,* dividimos la longitud de arco que recorre entre la velocidad con que se desplaza:

$$t = \frac{l}{v_{ISS}} = \frac{1421700\, m}{7669\ m/s} = 185{,}4\ s$$

A la velocidad de 7669 m/s, la *ISS* será visible en esa posición durante algo más de 185 s, es decir, tan solo durante poco más de 3 minutos.