

Ejercicios: gravitación, ley de Coulomb y las cuatro interacciones

Once ejercicios graduados: peso y masa en varios astros, g a partir de GM/R^2 , la ingravidez en órbita, la ley de Newton y la de Coulomb, la comparación de fuerzas en el átomo de hidrógeno, la masa del Sol, las mareas, la identificación de interacciones, un análisis crítico de un cálculo y la aportación de Lise Meitner.

DURACIÓN

2 sesiones de 55 min

AGRUPACIÓN

individual, con corrección en parejas

UNIDAD 14

Las fuerzas fundamentales de la naturaleza

MATERIALES

- Calculadora científica

ENCAJE CURRICULAR · Saberes E.1 · Comp. específicas CE2, CE4, CE5 · Comp. clave STEM, CCL, CPSAA, CC

Criterios: 2.2, 2.3, 4.1, 4.2, 5.2

Datos: $G = 6,674\,30 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$; $k = 8,988 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$; $m_p = 1,672\,62 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m_e = 9,109\,38 \times 10^{-31} \text{ kg}$; radio de Bohr, $a_0 = 5,291\,77 \times 10^{-11} \text{ m}$ (CODATA 2022). $GM(\text{Tierra}) = 3,9860 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$; radio medio terrestre, $6,371 \times 10^6 \text{ m}$; $GM(\text{Luna}) = 4,90 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$; radio lunar, $1,7374 \times 10^6 \text{ m}$; $GM(\text{Marte}) = 4,2828 \times 10^{13} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$; radio de Marte, $3,3895 \times 10^6 \text{ m}$; masa del Sol, $1,9884 \times 10^{30} \text{ kg}$; masa de la Luna, $7,346 \times 10^{22} \text{ kg}$; distancia media Tierra-Sol, $1,495\,98 \times 10^{11} \text{ m}$; distancia media Tierra-Luna, $3,844 \times 10^8 \text{ m}$ (NASA). Toma $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ en la Tierra, $1,62 \text{ m/s}^2$ en la Luna y $3,73 \text{ m/s}^2$ en Marte.

Ejercicios

- 1. Peso y masa.** Una astronauta tiene una masa de 70,0 kg. a) ¿Cuál es su masa y cuál su peso en la Tierra, en la Luna y en Marte? b) ¿Qué marcaría en la Luna una báscula de baño calibrada en la Tierra? ¿Y una balanza de platillos?
- 2. De dónde sale g .** Calcula la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Tierra, de la Luna y de Marte con $g = GM/R^2$. Compara con los valores de la NASA e indica por qué el valor medido en la Tierra es algo distinto.
- 3. ¿Ingravidez?** Un compañero afirma que los astronautas de la Estación Espacial flotan «porque allí no hay gravedad». Calcula g a 420 km de altura, exprésalo como porcentaje del valor en la superficie y explica por qué la afirmación es falsa.
- 4. Gravitación entre personas.** a) Calcula la atracción gravitatoria entre dos personas de 60,0 kg y 70,0 kg separadas 1,00 m (trátalas como masas puntuales). b) Compárala con el peso de la primera. ¿Por qué no notamos esa atracción?
- 5. Ley de Coulomb.** Dos cargas puntuales de $+2,0 \mu\text{C}$ y $-3,0 \mu\text{C}$ están separadas 0,50 m en el vacío. a) Calcula la fuerza entre ellas e indica si es de atracción o de repulsión. b) ¿Cuánto vale si la distancia se duplica? c) ¿Y si, a 0,50 m, se duplica una de las cargas?

- 6. El átomo de hidrógeno.** En el modelo de Bohr, el electrón está a a_0 del protón. Calcula la fuerza eléctrica y la gravitatoria entre ambos y su cociente. ¿Por qué el cociente es mayor que el del ejercicio resuelto 14.1?
- 7. La masa del Sol.** a) Con el período de la Tierra (365,256 días) y el radio de su órbita (supuesta circular), calcula la masa del Sol a partir de $T^2 = 4\pi^2 a^3 / (GM)$. Haz el análisis de unidades. b) Calcula la rapidez orbital de la Tierra. c) ¿Por qué no hace falta conocer la masa de la Tierra?
- 8. Las mareas.** a) Calcula cuántas veces mayor es la atracción del Sol sobre la Tierra que la de la Luna. b) Calcula el cociente entre el efecto de marea de la Luna y el del Sol, que es proporcional a M/d^3 . c) Explica por qué la Luna produce mareas mayores aunque atraiga menos a la Tierra.
- 9. ¿Qué interacción?** Indica qué interacción fundamental es la principal responsable de cada fenómeno: a) un rayo; b) la caída de una hoja; c) la desintegración beta del potasio-40 de las rocas; d) la fusión de hidrógeno en el Sol (indica qué papel tiene cada interacción que intervenga); e) el rozamiento entre un zapato y el suelo; f) la cohesión de un núcleo de hierro; g) la orientación de una brújula; h) la unión de dos átomos de hidrógeno en una molécula.
- 10. Análisis crítico.** Para calcular la fuerza con que la Tierra atrae a una persona de 70,0 kg que está de pie en el suelo, un estudiante escribe $F = G M m / r^2$ con $r = 0$, «porque la persona toca la Tierra», y concluye que la fuerza es infinita. Identifica el error, corrígelo y calcula la fuerza correcta. ¿Qué deberías hacer cuando un cálculo da un resultado infinito o absurdo?
- 11. Ciencia y sociedad.** Explica en unas diez líneas el papel de Lise Meitner en la explicación de la fisión nuclear y por qué su caso se cita como ejemplo de reconocimiento desigual en la ciencia. Usa como fuente el artículo de Meitner y Frisch (*Nature*, 1939) y la página del Nobel de Química de 1944 en nobelprize.org.

Solución orientativa

Para el profesorado: pasos de la resolución del ejercicio.

1. 1. a) La masa es 70,0 kg en los tres lugares. Pesos: Tierra $70,0 \times 9,81 = 687 \text{ N}$; Luna $70,0 \times 1,62 = 113 \text{ N}$; Marte $70,0 \times 3,73 = 261 \text{ N}$. b) La báscula está calibrada con g de la Tierra: en la Luna marcaría $113 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2 = 11,6 \text{ kg}$, aunque la masa sigue siendo 70,0 kg. Una balanza de platillos marcaría 70,0 kg en cualquier sitio.
2. 2. Tierra: $g = 3,9860 \times 10^{14} / (6,371 \times 10^6)^2 = 9,820 \text{ m/s}^2$. Luna: $g = 4,90 \times 10^{12} / (1,7374 \times 10^6)^2 = 1,62 \text{ m/s}^2$. Marte: $g = 4,2828 \times 10^{13} / (3,3895 \times 10^6)^2 = 3,728 \text{ m/s}^2 \approx 3,73 \text{ m/s}^2$. Coinciden con los de la NASA (9,820; 1,62; 3,73). Unidades: $(\text{m}^3 \text{ s}^{-2}) / \text{m}^2 = \text{m s}^{-2}$. El valor real en la superficie terrestre varía con la latitud, de $9,78 \text{ m/s}^2$ en el ecuador a $9,83 \text{ m/s}^2$ en los polos (modelo WGS 84): la Tierra está achatada (en los polos se está más cerca del centro) y su rotación reduce un poco el peso aparente en latitudes bajas. El cálculo con el radio medio y sin rotación no tiene en cuenta ninguno de los dos efectos.
3. 3. $r = 6,371 \times 10^6 \text{ m} + 4,20 \times 10^5 \text{ m} = 6,791 \times 10^6 \text{ m}$. $g = 3,9860 \times 10^{14} / (6,791 \times 10^6)^2 = 8,64 \text{ m/s}^2$, un 88,0 % de $9,820 \text{ m/s}^2$. La afirmación es falsa: los astronautas flotan porque ellos y la estación caen a la vez alrededor de la Tierra (están en órbita); el suelo de la estación no tiene que sostenerlos, pero la Tierra los atrae casi como en la superficie.
4. 4. a) $F = G m_1 m_2 / r^2 = 6,674 \times 10^{-11} \times 60,0 \times 70,0 / (1,00)^2 \text{ N} = 2,80 \times 10^{-7} \text{ N}$. b) Peso de la persona de 60,0 kg: $60,0 \times 9,81 = 589 \text{ N}$. Cociente: $2,80 \times 10^{-7} / 589 = 4,76 \times 10^{-10}$. La atracción entre dos personas es unas 2000 millones de veces menor que su peso: no se nota porque la masa de la Tierra es enorme comparada con la de una persona.
5. 5. a) $F = k |q_1 q_2| / r^2 = 8,988 \times 10^9 \times 2,0 \times 10^{-6} \times 3,0 \times 10^{-6} / (0,50)^2 \text{ N} = 0,22 \text{ N}$, de atracción (signos opuestos). b) A 1,00 m (doble distancia), la fuerza es la cuarta parte: 0,054 N. c) Si una de las cargas se duplica, la fuerza se duplica: es proporcional al producto de las cargas.
6. 6. $F_e = k e^2 / a_0^2 = 8,988 \times 10^9 \times (1,602 \times 10^{-19})^2 / (5,292 \times 10^{-11})^2 \text{ N} = 8,24 \times 10^{-8} \text{ N}$. $F_g = G m_p m_e / a_0^2 = 6,674 \times 10^{-11} \times 1,673 \times 10^{-27} \times 9,109 \times 10^{-31} / (5,292 \times 10^{-11})^2 \text{ N} = 3,63 \times 10^{-47} \text{ N}$. Cociente $F_e / F_g = 2,27 \times 10^{39}$. La química del átomo es eléctrica; la gravedad entre sus partículas es completamente despreciable. Es mayor que el cociente entre dos protones ($1,24 \times 10^{36}$) porque la masa del electrón es unas 1836 veces menor que la del protón.
7. 7. a) $T = 365,256 \times 86\,400 \text{ s} = 3,1558 \times 10^7 \text{ s}$. $M = 4\pi^2 a^3 / (G T^2) = 39,478 \times (1,49598 \times 10^{11})^3 / (6,6743 \times 10^{-11} \times (3,1558 \times 10^7)^2) \text{ kg} = 1,988 \times 10^{30} \text{ kg}$. La NASA da $1,9884 \times 10^{30} \text{ kg}$. Unidades: $\text{m}^3 / (\text{N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot \text{s}^2) = \text{m}^3 / (\text{kg m s}^{-2} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-2} \text{ s}^2) = \text{kg}$. b) $v = 2\pi a / T = 2\pi \times 1,49598 \times 10^{11} / 3,1558 \times 10^7 \text{ m/s} = 2,978 \times 10^4 \text{ m/s} = 29,78 \text{ km/s}$. c) La masa de la Tierra no aparece: se simplifica en la igualdad $G M m / r^2 = m v^2 / r$.
8. 8. a) $F_\odot / F_{\text{Luna}} = (M_\odot / M_{\text{Luna}}) (d_{\text{Luna}} / d_\odot)^2 = (1,9884 \times 10^{30} / 7,346 \times 10^{22}) \times (3,844 \times 10^8 / 1,49598 \times 10^{11})^2 = 2,707 \times 10^7 \times 6,603 \times 10^{-6} = 179$. b) Efecto de marea Luna / Sol = $(M_{\text{Luna}} / M_\odot) (d_\odot / d_{\text{Luna}})^3 = 3,694 \times 10^{-8} \times 5,894 \times 10^7 = 2,18 \approx 2,2$. c) La marea depende de la diferencia de atracción entre los dos lados de la Tierra, que disminuye con el cubo de la distancia; la Luna está unas 390 veces más cerca que el Sol y ese factor, al cubo, compensa su masa mucho menor.
9. 9. a) Electromagnética (separación de cargas y descarga eléctrica). b) Gravitatoria. c) Nuclear débil (un neutrón se convierte en protón). d) Intervienen las cuatro: la gravedad comprime, hay que vencer la repulsión eléctrica, la débil convierte protones en neutrones (es el paso más lento, el que limita el ritmo) y la fuerte une los nucleones. Como interacción principal se acepta la fuerte o la débil, si se justifica. e) Electromagnética (fuerzas entre las moléculas de las superficies). f) Nuclear fuerte. g) Electromagnética (campo magnético terrestre). h) Electromagnética (enlace químico).
10. 10. El error es tomar $r = 0$. En la ley de Newton, para cuerpos esféricos, r es la distancia entre los centros: para una persona en la superficie, $r = R = 6,371 \times 10^6 \text{ m}$, no la distancia a la superficie. Con $r = R$, $F = G M m / R^2 = 3,9860 \times 10^{14} \times 70,0 / (6,371 \times 10^6)^2 \text{ N} = 687 \text{ N}$, que es el peso. Un resultado infinito no es físico y obliga a revisar el planteamiento, no a aceptarlo.

11.11. Respuesta abierta. Se valora que mencione: que Hahn y Strassmann obtuvieron bario al bombardear uranio con neutrones a finales de 1938 y no sabían explicarlo; que Meitner, que había tenido que huir de Alemania en 1938, y Otto Frisch lo interpretaron como la división del núcleo de uranio (Nature, febrero de 1939); que el Nobel de Química de 1944 fue solo para Hahn; que el elemento 109 se llama meitnerio en su honor; y que el caso muestra que la ciencia es un trabajo colectivo y que el reconocimiento no siempre ha sido justo, por razones como el exilio, la separación entre disciplinas o el sesgo de género. Error que debe evitarse: atribuir el descubrimiento a una sola persona.

Material abierto de profedefyq.es · Licencia Creative Commons BY-NC-SA · Currículo LOMLOE