

Respuestas a las preguntas de autoevaluación de los Capítulos 13 a 16

13 Relatividad

- 1 805 m, 23 s
- 3 b $1,8 \times 10^6$ m c 500 ms^{-1}
- 4 a c
b $1,1$ c
- 5 $1,2$ c
- 6 $1,3$ c
- 7 $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$, $4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$
- 9 a inercial
b inercial
c casi inercial
d no inercial
e casi inercial
- 10 Rachel, en el cohete, ve la versión de la izquierda; Gavin, en la nube de gas, ve la versión de la derecha.
- 11 $v\Delta t$
- 12 $(c^2 + v^2)^{1/2}$
- 13 $(c^2 + v^2)^{1/2}\Delta t$
- 14 $c\Delta t$
- 15 $\Delta t = \Delta t'/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$
- 17 el situado en el sistema de referencia del electrón
- 18 el situado en el punto fijo
- 19 sí, el observador que viaja con la varilla
- 20 no, ningún observador mide el tiempo propio
- 21 sistema de referencia del laboratorio
- 22 el observador que viaja con la varilla
- 23 el observador en el sistema de referencia del laboratorio
- 24 no, ningún observador mide la longitud propia
- 25 a $1,005$
b $1,5$
c $2,3$
d $3,2$
- 27 a $0,00$
b $0,494$ c
c $0,866$ c
d $0,968$ c
- 28 a $1,15$
b 12 al, 12 al
- 29 82000 al
- 30 410 años
- 31 $2,3$; $0,0$ m; $4,2 \times 10^{-9}$ s
- 32 $2,6$ m; $2,1 \times 10^{-8}$ s
- 33 a c
b c
- 34 $0,94$ c
- 35 $0,98$ c
- 36 $0,79$ c

- 37 $0,70$ c
- 38 $0,99999995$ c
- 39 c
- 40 $-0,17$ c
- 41 $0,600$ m
- 42 $4,2 \times 10^{-9}$ s
- 43 a $0,96$ m
b $2,7 \times 10^{-9}$ s
- 44 a $0,65$ c b $5,9 \times 10^{-7}$ s
c 114 m d $0,65$ c
- 45 680 m
- 46 a $2,69 \times 10^{-5}$ s
b $3,80 \times 10^{-6}$ s
c La semivida de los muones es de solo $1,5 \times 10^{-6}$ s, por tanto se trata de una caída significativa en la tasa de recuento de muones entre la altitud de $8,00$ km y la superficie terrestre. Si esta caída en el recuento de muones es consistente con más de 2,5 veces la semivida, corrobora la teoría de la relatividad; si es consistente con 18 semividas, es consistente con la física newtoniana.

48 a

Suceso	Coordenadas en S (x, ct)	Coordenadas en S' (x', ct')
A	(0, 0)	(0, 0)
B	(1, 1)	(0,4; 0,4)
C	(1,6; 1,1)	(1,0)
D	(2; 1,4)	(1,2; 0)
E	(1,1; 1,6)	(0, 1)
F	(2; 2,2)	(0,6; 1)
G	(2,7; 2,7)	(1, 1)

- b El orden de los sucesos según un observador en S: A, B, C, D, E, F, G.

El orden de los sucesos según un observador en S': ACD (simultáneamente), B, EFG (simultáneamente).

- 49 a $0,58$ c b $1,2$
c 17 años d 17 al
e $1,2$ f S'
g $17 \text{ al}/1,2 = 14 \text{ al}$
- 50 a $0,90$ c
b $2,3$
c $0,44$ m
d $1,2$
- 54 a $1,60 \times 10^{-19}$ J
b $6,25 \times 10^{18}$ eV

- c $9,00 \times 10^{16}$ J
- d $5,6 \times 10^{35} \text{ eV c}^{-2}$
- e $1,9 \times 10^{27} \text{ eV c}^{-1}$
- 55 $32,5$ MW
- 57 a $0,86$ c
b $1,9 \times 10^{-8}$ s
c $9,8 \times 10^{-9}$ s
- 58 $0,999999991$ c
- 59 953 MeV
- 60 $97,8 \text{ GeV c}^{-2}$; $96,9 \text{ GeV}$; $97,8 \text{ GeV c}^{-1}$
- 61 61 GeV c^{-1}
- 62 $0,05175$ c; $193,1 \text{ MeV c}^{-1}$
- 63 $5 \times 10^{19} \text{ eV c}^{-1}$
- 64 110 nm
- 65 100 keV c^{-1}
- 66 511 keV c^{-1}
- 67 a 8 MeV y 542 MeV
b $1,5 \times 10^{-13}$ m y $2,3 \times 10^{-15}$ m
- 68 $4,67 \times 10^{-6} \text{ kg m s}^{-1}$
- 69 $7,09 \text{ mm s}^{-2}$
- 72 a $8,32 \text{ kHz}$
b $7,36 \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$
- 74 a $0,3$ m
b $2,1$ m
c 550 m
- 76 Joseph Hafele y Richard Keating
- 77 $6,2 \times 10^{13}$ m
- 78 $7,7 \times 10^9$ m

14 Física para la ingeniería

- 1 210 N
- 2 a $5,6$ Nm
- 3 No. El aumento del momento de torsión producido por tener una de las fuerzas más lejos del eje se ve compensado por tener la otra fuerza más cerca del eje.
- 5 $\approx 1 \times 10^{47} \text{ kg m}^2$
- 6 a $8,1 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$
b La pelota tiene una densidad constante.
- 7 a Si la masa de los radios se considera despreciable, la rueda se puede aproximar a un cilindro hueco y delgado.
b $\approx 0,1 \text{ kg m}^2$
- 8 a $0,50 \text{ kg m}^2$
b $2,1\%$
- 9 a 36 kg m^2
- 10 a $4,3 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$
b 24 minutos

- 11 a $1,4 \text{ rad s}^{-2}$
b 13s
- 12 a 26 rad s^{-1} b 65 rad
c 10 rotaciones d 38 rotaciones
- 13 $7,8 \text{ rad s}^{-2}$
- 14 a 314 rad s^{-1}
b $2,1 \text{ rad s}^{-2}$
- 15 $1,2 \text{ kg m}^2$
- 16 a 11 rad s^{-2}
b $9,8 \times 10^{-2} \text{ kg m}^2$
- 17 $0,13 \text{ rad s}^{-2}$
- 18 $13,2 \text{ rad s}^{-1}$
- 21 a $-2,5 \text{ rad s}^{-2}$
b 35 rad
- 22 1,4 kg
- 23 a $0,38 \text{ rad s}^{-1}$
- 24 Las estrellas giran respecto a sus propios ejes (rotan), de manera que si se colapsan en un núcleo muy denso y de tamaño muy pequeño (como una estrella de neutrones), la ley de conservación del momento angular determina que su velocidad angular debe aumentar de forma drástica. (En un análisis completo también se debería tener en cuenta cualquier pérdida de masa asociada al colapso.)
- 25 a alrededor de 8 N m s
b alrededor de 12 rad s^{-1}
- 26 0,65 J
- 27 a 72 rad s^{-1}
b $1,9 \times 10^3 \text{ J}$
c $E_c = 2,4 \times 10^3 \text{ J}$. Las dos energías cinéticas son similares (dentro de un 25%).
- 28 a 95 cm s^{-1}
b $0,12 \text{ kg m}^2$
- 31 a 18 rad s^{-1}
b El ángulo de la pendiente es lo bastante pequeño como para que la bola pueda rodar.
- 32 72°C
- 33 La energía interna es la suma de las energías potenciales y las energías cinéticas aleatorias de todas las moléculas de una sustancia. La temperatura es una medida de la energía cinética de traslación aleatoria media de las moléculas. La energía térmica es la transferencia de energía no mecánica desde un punto más caliente a uno más frío.
- 34 La mayor parte del trabajo se realiza en un cambio isobárico; el menor trabajo se realiza durante un cambio adiabático.
- 35 70 J
- 36 Cuando las moléculas colisionan con la superficie que se desplaza hacia dentro ganan energía cinética. Si el cambio se realiza rápidamente, no hay suficiente tiempo para que esta energía se disipe hacia el exterior del sistema.
- 37 a por el gas
b 3000 J
- 38 a La temperatura y la energía interna son constantes. La presión disminuye.
b El proceso es isotérmico porque hay suficiente tiempo para que la energía transferida desde el gas durante la expansión sea restituida por el entorno.
- 39 Para un mismo aumento de volumen, una expansión adiabática acaba a una presión más baja porque la temperatura desciende.
- 40 a $2,33 \times 10^5 \text{ Pa}$
d $3,7 \times 10^5 \text{ J}$
- 41 $2,45 \times 10^5 \text{ Pa}$
- 42 a AB
b 0,26 moles
c 650 K
d 620 J. Este es el trabajo realizado por el gas en un único ciclo.
- 43 e durante el proceso d
f 340 J
- 44
b Los mayores efectos se producen con el aumento de la temperatura de entrada o el descenso de la temperatura de salida.
c La energía interna «desaprovechada» se podría transferir a viviendas locales, etc. para mantenerlas calientes cuando hace frío.
- 47 La energía interna se mantiene igual; la entropía aumenta.
- 48 Las moléculas se dispersan y se desordenan más, con lo que la entropía aumenta.
- 49 Es mucho más fácil mezclar cosas que separarlas porque están más desordenadas cuando se mezclan.
- 50 Solo un proceso muy simple en el que no se disipe una cantidad importante de energía. Quizás unas cuantas oscilaciones de un buen péndulo simple.
- 51 Primera ley: la energía no se puede crear; segunda ley: la energía siempre se disipa.
- 52 unos 160 J K^{-1}
- 53 a -70 J K^{-1}
b mayor que $+70 \text{ J K}^{-1}$
- 54 58 J K^{-1}
- 55 $0,763 \text{ m}$
- 56 Si los tubos estuvieran cerrados, las presiones sobre el líquido en los diferentes tubos no serían iguales.
- 57 30 m
- 58 a lado izquierdo
b $9,2 \times 10^2 \text{ kg m}^{-3}$
c $1,033 \times 10^5 \text{ Pa}$
- 59 $8,15 \times 10^5 \text{ Pa}$
- 61 a 4,8 cm
b 925 kg m^{-3}
- 63 La inspiración aumenta el volumen corporal y el peso de agua desplazada, lo cual aumenta el empuje.
- 64 Los submarinos tienen *tanques de lastre*, que se pueden llenar de agua y aire en cantidades variables con objeto de variar el peso total del submarino.
- 65 ascenderá
- 66 marcas de calado
- 67 a 260 N
b 1,1 cm
c 11 N
- 69 a $1,7 \times 10^2$
b 4,6 m
- 70 a 53 cm s^{-1}
b El gas se comporta como un fluido ideal y no se comprime.
- 72 El perfil alar del coche (en este caso se llama perfil aerodinámico) está invertido (en comparación con el de un avión), de manera que crea una fuerza adicional en sentido descendente, lo que aumenta la fricción.
- 73 a 80 kg
b 35 ms^{-1}
c El flujo es laminar y el agua de la turbina de entrada se encuentra a presión atmosférica.
- 75 a $5,7 \times 10^3 \text{ Pa}$
b 360 cm s^{-1}
c $1,4 \times 10^3 \text{ Pa}$
- 76 La forma curvada de la vela hace que el viento fluya más rápido por la parte delantera de la vela. Se crea una fuerza perpendicular sobre la vela que viene desde atrás (debida a la diferencia de presión). Esta fuerza tiene una componente en la dirección y sentido desde donde procede el viento.
- 78 b 210 ms^{-1}
- 79 1400 kg m^{-3}
- 80 a $1,3 \times 10^{-6} \text{ N}$
b 130 ms^{-1}
c A esta velocidad no se trata de un flujo laminar.
- 82 La ley de Stokes solo se puede aplicar en condiciones limitadas.
- 83 5000, turbulento
- 84 $2,4 \text{ ms}^{-1}$
- 85 25 veces mayor que la densidad normal del aire
- 86 dimensiones, forma, masa, rigidez
- 87 alrededor de 1 Hz
- 88 a introduciéndolo en agua, por ejemplo
b No, porque las propiedades físicas del diapason no han cambiado.

- 89 a 512 Hz, 768 Hz, 1024 Hz, etc.
b Aumentando la tensión en la cuerda.
- 90 Las vibraciones de las partículas de arena tienden a hacer que estas se muevan desde las posiciones de antinodos a las de nodos.
- 91 a 3,4 J
b 31
- 92 unos 35
- 93 a $E_p = \frac{1}{2}k\Delta x^2$, $T = 2\pi\sqrt{m/k}$
b 0,14 J
c 5
d 1,6 s
- 94 12,6 (4 π)
- 95 3,6 W
- 98 Cambiando la sujeción (el modo en que se sujeta al coche).
- 21 Una imagen derecha y virtual a 20 cm de la lente; aumento lineal = 5,0.
- 22 10 cm
- 23 a 3,1
b lejos del objeto
c disminuye
- 24 12 D
- 25 0,024 mm
- 26 a 5,8 cm de la lente
b 4,3
- 27 a 40 cm
b virtual, derecha, $m = 0,8$
- 28 Combinándola con una lente convergente de distancia focal conocida con el objetivo de formar una imagen real.
- 29 3,0
- 32 Las superficies de las lentes más potentes están más curvadas.
- 33 7,7 cm
- 34 La imagen es real, aumentada (3,8 cm) e invertida.
- 36 a derecha, virtual, aumentada
b cóncava, 15 cm
c 30 cm
- 37 La imagen final (invertida y virtual) está a 37 cm por delante del espejo grande.
- 39 a 4,2 mm
b 31
- 40 a unos 6×10^{-5} rad
b unos 2×10^{-4} mm
c El microscopio se usa con ajuste normal.
- 42 a +150 D
b La potente lente del ocular produce aberraciones significativas.
- 43 a $6,0 \times 10^{-5}$ rad
b $7,2 \times 10^{-5}$ m
c $4,8 \times 10^{-3}$ rad
- 44 a la lente de 86 cm de distancia focal
b 41
c La imagen sería más brillante y tendría mejor resolución, pero el aumento sería el mismo. Puede tener más aberraciones.
- 45 Si se coloca una lente convergente entre las otras dos, se puede utilizar para invertir la primera imagen, produciendo una imagen derecha que puede aumentar el ocular.
- 46 372
- 47 En los telescopios de gran tamaño cada vez cuesta más mantener las aberraciones en un nivel aceptable. Además, mantener la forma precisa, el alineamiento y la movilidad de los componentes es cada vez más difícil cuando son mucho mayores y más pesados.
- 49 El aire no contamina la superficie del espejo; menos mantenimiento; la forma no cambia bajo la acción de su propio peso; no se necesita una fuerte estructura de soporte; más fácil de orientar en distintas direcciones.
- 51 82 m
- 52 $4,1 \times 10^{-4}$ rad
- 53 13 km
- 56 Entre los factores se encuentran: seguridad de los datos, velocidad de la transferencia de datos, comodidad, flexibilidad, coste, mantenimiento de la calidad de los datos transferidos.
- 57 Las fem inducidas son proporcionales a la tasa de variación del flujo magnético. Frecuencias más elevadas producen variaciones de flujo más rápidas que las frecuencias más bajas (si el resto de factores se mantiene constante).
- 59 a 38°
b 69°
- 60 Las señales solo pueden tener uno o dos valores significativamente distintos. Los pulsos que representan 1 s y 0 s todavía se pueden distinguir fácilmente aunque estén distorsionados en la transmisión o en el almacenamiento.
- 61 a invariable
- 62 a Donde hay contacto, la radiación puede traspasar la frontera y no cambia de velocidad ni se refracta.
b Los revestimientos metálicos de las fibras ópticas impiden que los núcleos entren en contacto. Tienen un índice de refracción similar (aunque menor) al del núcleo, de manera que se produce reflexión interna en la superficie entre el núcleo y el revestimiento.

15 Imágenes

- 1 a 40 cm
b La segunda lente debe ser más «gruesa» en la parte central.
c Ambas lentes están construidas con vidrio con el mismo índice de refracción.
- 2 a 12,5 D
b Está construida con un material que tiene un índice de refracción menor.
- 3 5 cm
- 4 a lentes convergentes
b 67 cm
c +57 D
- 6 0,80 mm
- 7 a 21
b 52 cm
c 430
- 8 0,52 rad
- 9 a La imagen tiene 17 mm de altura y está a 13 cm de la lente.
b 1,7
- 10 a La imagen tiene 14 cm de altura y está a 86 cm de la lente.
b 0,71
- 11 20 cm de la lente
- 12 13 cm
- 13 a invertida, disminuida, real
b Cambiando la distancia entre la lente y el punto donde se forma la imagen.
- 15 a 22 cm de la lente
b -0,5
- 16 a 22 cm de la lente
b -9
- 17 7,8 cm
- 18 9,2 D
- 19 b 4,0 cm
- 20 b 2,7
- 63 76°
- 68 a -3,0 dB
b 90%
- 69 20 km
- 70 $6,0 \times 10^{-16}$ W
- 74 $0,10 \text{ cm}^{-1}$
- 75 a $0,19 \text{ cm}^{-1}$
b 43%
- 76 a 6,4 W b $7,31 \times 10^{14}$
c $0,204 \text{ mm}^{-1}$ d 3,39 mm
e aumenta
- 77 a 5,0 mm
b $1,2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$
- 78 Se absorbe una proporción constante de rayos X en distancias iguales porque la probabilidad de que un rayo X experimente una interacción que dé lugar a una absorción es la misma.

- 79 0,25 cm
 80 $2,3 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$
 83 Porque los rayos X y los rayos gamma de la misma energía son idénticos (aunque se emiten en diferentes procesos).
 85 Sin dispersión, dos partes de la película fotográfica pueden tener una proporción de intensidades de 4 a 1, pero si la película también detecta rayos X dispersados, las intensidades pueden estar en una proporción de, por ejemplo, (4 + 2) a (1 + 2), que equivale a 2 a 1.
 86 a Para aumentar la nitidez de la imagen.
 b Hasta cierto punto, los rayos X se propagan, se dispersan y se absorben en el aire.
 89 1660 ms^{-1}
 90 a $1,5 \times 10^{-6} \text{ s}$
 b 18 cm
 c No, porque el pulso reflejado se recibiría después de la emisión de otro pulso procedente de la sonda.
 91 b 11%, no
 c $0,09994 \text{ W cm}^{-2}$
 d Cerca del 0,1%. La mala transmisión se debe a la baja impedancia acústica del aire respecto a la piel. El gel sustituye al aire entre la piel y el transductor.
 92 La resolución está limitada por la difracción. Los rayos X tienen una longitud de onda mucho menor que los ultrasonidos y no se difractan de forma significativa a causa de los equipos utilizados o de partes del cuerpo.
 93 a La frontera tejido/hueso presenta la mayor diferencia en impedancias acústicas, de manera que allí se refleja el mayor porcentaje de ondas.
 b Porque las ondas viajan a diferentes velocidades en los distintos medios.
 c $43 \mu\text{s}$
 d $1,59 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 94 a Para obtener la máxima transmisión de la señal, las impedancias a cada lado de la frontera deben tener los valores más parecidos posibles.
 b Si la impedancia acústica del gel fuera la misma que la de la piel ($1,99 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), no habría reflexión significativa en la frontera, pero también se debe tener en cuenta la transmisión de las ondas desde la sonda al

gel. Los geles habituales tienen $z \approx 2,5 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

- 95 a 40%
 b 15%
 96 a Las ondas de ultrasonidos no penetran demasiado bien en el cráneo. La estructura del cerebro tiene pequeños detalles que no se pueden resolver con ultrasonidos.
 b Los rayos X pueden dañar al bebé; los ultrasonidos permiten identificar pequeñas diferencias en tejidos blandos.
 98 Muy pocos ultrasonidos consiguen penetrar en los pulmones (que contienen aire) debido al desajuste de impedancias acústicas.

16 Astrofísica

- 1 a Tierra: $5,5 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$; Júpiter: $1,4 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
 b Júpiter es un planeta gaseoso. La Tierra es un planeta mayoritariamente líquido, con una corteza y un núcleo sólidos.
 2 a $3,0 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$
 b La velocidad de Mercurio es 1,6 veces mayor que la de la Tierra.
 3 a 110 años
 b Casi con seguridad no sería visible (tendría que ser mucho mayor que Júpiter para que se pudiera ver a esa distancia).
 4 a Mercurio, $3,3 \times 10^{23} \text{ kg}$
 b Por definición, un planeta debe «tener despejada la vecindad de su órbita». Existen otros objetos (menos conocidos) con tamaños y masas similares a los de Plutón y que orbitan aproximadamente a la misma distancia del Sol y todos ellos pueden afectar al movimiento de los demás.
 5 Júpiter, $1,4 \times 10^7 \text{ m}$
 6 Mercurio, 0,39 UA; Urano, 19 UA
 7 a $9 \times 10^{23} \text{ km}$
 b $3 \times 10^{10} \text{ pc}$
 8 a 4,2 al
 b 3100 km
 9 a 0,01 al
 b alrededor de 4 km
 10 $5,0 \times 10^2 \text{ s}$
 11 a i Alrededor de 8 meses (usando los datos de la Tabla 18.1) y suponiendo que los planetas están en el punto más cercano de su órbita.
 ii Alrededor de 300 000 años
 12 10^{27}

- 14 Porque se considera que 5 al es un número más manejable que su equivalente, 300 000 UA. La UA es más adecuada para los sistemas planetarios.
 15 a $1/3600 = 2,8 \times 10^{-40}$
 b $4,8 \times 10^{-6} \text{ rad}$
 16 a 1,8 pc
 b $5,6 \times 10^{16} \text{ m}$
 c 5,9 al
 17 a 0,0125 segundos de arco
 b 0,41 segundos de arco
 c 0,375 segundos de arco
 18 $3,5 \times 10^{17} \text{ m}$
 19 $3,8 \times 10^{27} \text{ W}$
 20 $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$
 21 $L_A/L_B = 130$
 22 $7,6 \times 10^5$ fotones cada segundo
 23 $3,2 \times 10^{26} \text{ W}$
 24 a $8,1 \times 10^{19} \text{ m}^2$
 b $2,5 \times 10^9 \text{ m}$
 25 $1,8 \times 10^4 \text{ K}$
 26 $9,5 \times 10^{-10} \text{ W m}^{-2}$
 27 $2,8 \times 10^{14} \text{ km}$
 28 100/1
 29 La estrella tiene un radio 2,2 veces mayor que el del Sol.
 30 $5,1 \times 10^{-7} \text{ m}$ (verde)
 31 a 4500 K
 b $1,6 \times 10^{22} \text{ m}^2$
 c $3,6 \times 10^{10} \text{ m}$
 32 a $3,5 \times 10^{-7} \text{ m}$
 b $1,0 \times 10^{28} \text{ W}$
 c $7,2 \times 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$
 33 $3,6 \times 10^{-7} \text{ m}$
 35 $7 \times 10^9 \text{ m}$
 36 1,9:1
 37 a $1,1 \times 10^{29} \text{ W}$
 b Es una estrella de la secuencia principal
 c Sol
 d 12000 K
 e El radio es aproximadamente doble.
 38 La supergigante es unas 10^4 veces mayor
 39 a $1,7 \times 10^{30} \text{ W}$
 b $1,3 \times 10^{-17} \text{ W m}^{-2}$
 40 a $2,3 \times 10^{30} \text{ W}$
 b unos 20 días
 41 Las luminosidades de diferentes supernovas (del mismo tipo) son siempre iguales.
 47 a 0,0073
 b 0,10
 48 $6,1 \times 10^7 \text{ km h}^{-1}$
 49 El desplazamiento hacia el rojo es 13 nm y la longitud de onda recibida es de 423 nm.

- 50 $5,87 \times 10^{16} \text{ Hz}$
- 52 5300 km s^{-1}
- 53 43 Mpc
- 54 100 Mpc
- 55 a $3,8 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$
b 550 Mpc
- 56 1 Los desplazamientos hacia el rojo de la radiación recibida procedente de las galaxias que se alejan indica que su velocidad es proporcional a la distancia que nos separa de ellas.
- 2 La temperatura media de un universo que se inició con un *Big Bang* sería ahora de 2,76 K; la radiación característica de esta temperatura se detecta procediendo de todas direcciones.
- 57 Hidrógeno, porque es el elemento más abundante del universo.
- 59 a disminución
b aumento
- 60 a Una fuente de radiación de luminosidad conocida, que se puede utilizar para determinar su distancia a la Tierra.
b Las incertidumbres asociadas a otros métodos son demasiado elevadas cuando tratamos con galaxias muy lejanas.
- 61 La «Gran Contracción (*Big Crunch*)»
- 62 a 0,072
b 0,93
- 63 a $3,3 \times 10^{34} \text{ kg}$
b i Las moléculas de gas tienen una energía cinética media mayor y por tanto ejercen una mayor presión.
ii 1,4
- 64 a $3200 L_{\odot}$
b $0,82 M_{\odot}$
- 65 a $0,76 M_{\odot}$
b $5,3 \times 10^6$ años
- 66 a $1,7 \times 10^{19} \text{ kg}$
b $2,2 \times 10^{-10} \%$
- 68 hidrógeno, helio, carbono, oxígeno y trazas de otros elementos ligeros
- 69 La fusión de elementos solo da lugar a núcleos más estables (y libera energía) si el producto tiene un número de nucleones inferior o igual a 62.
- 74 a La Tierra no se encuentra en el centro de la Vía Láctea y cuando miramos hacia el centro podemos ver más estrellas que si miramos hacia fuera de la galaxia.
- b Lo que podemos ver a simple vista es solo una parte increíblemente minúscula del universo, por tanto no estamos haciendo observaciones a escala cósmica.
- 75 Porque todo el espacio se expande; ningún espacio se contrae.
- 77 Las galaxias más lejanas tienen las mayores velocidades de recesión y esta ecuación simplificada no se puede utilizar si la velocidad de recesión se aproxima a la velocidad de la luz.
- 78 La masa y el volumen del universo son desconocidos (aunque podemos estimar valores para el universo *observable*).
- 79 El aire es aproximadamente 10^{26} veces más denso.
- 82 $3 \times 10^{54} \text{ kg}$
- 83 alrededor de un 21% mayor
- 85 a $8,1 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$
b La estrella se acerca (o se aleja) directamente a la (de la) Tierra en algún punto de su rotación.
c $2,6 \times 10^{-17} \text{ kg m}^{-3}$
- 87 2,8