b) En el segundo tramo, de 4 a 10 s, el móvil se encuentra detenido en reposo durante 6 s.

c) El tercer tramo no es posible, porque los valores del tiempo no pueden retroceder.

39. ●●●

En el último tramo del Rally Dakar, a 30 km de la meta, un vehículo todoterreno pasa por el control a una velocidad constante de 100 km/h. Al cabo de cinco minutos lo hace una moto a 136 km/h. ¿Qué vehículo llegará primero a la meta?

El todoterreno emplea en recorrer los 30 km:

$$100 \text{ km/h} = \frac{30 \text{ km}}{t} \rightarrow t = 0{,}3 \text{ h} = 18 \text{ min} = 1080 \text{ s}$$

En el caso de la moto emplea en este mismo recorrido:

$$136 \text{ km/h} = \frac{30 \text{ km}}{t} \rightarrow t = 0{,}22 \text{ h} = 13{,}24 \text{ min} = 794 \text{ s}$$

Al que habrá que sumar los cinco minutos de retraso respecto al todoterreno:

$$t_{\text{Total}} = 300 \text{ s} + 794 \text{ s} = 1094 \text{ s}$$

Llegará antes el todoterreno con una ventaja de 14 s.

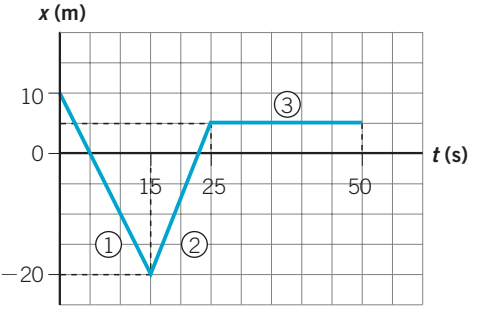
40. ●●●

El movimiento de un cuerpo se puede representar por la siguiente gráfica.

a) Para cada tramo, determina las características del movimiento.

b) Determina su ecuación de velocidad.

c) Realiza la representación *v*-*t*.



a) El primer tramo corresponde a un movimiento uniforme de velocidad constante e igual a:

$$\frac{-30 \text{ m}}{15 \text{ s}} = -2 \text{ m/s}$$

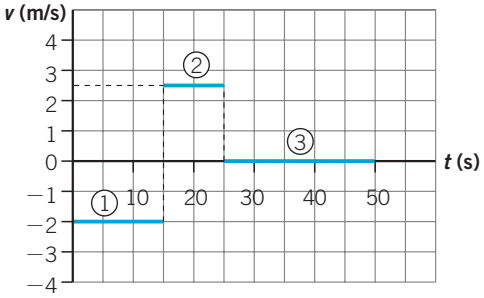
El segundo tramo corresponde a un movimiento uniforme de velocidad constante e igual a:

$$\frac{25 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 2{,}5 \text{ m/s}$$

En el tercer tramo no hay movimiento; la velocidad es nula.

b) Para el primer tramo, $v = -2$ m/s; para el segundo tramo, $v = 2{,}5$ m/s, y para el tercero, $v = 0$.

c) En el primer tramo la gráfica *v*-*t* es una recta paralela al eje de los tiempos con un valor de la velocidad de −2 m/s. En el segundo tramo, la gráfica es otra recta paralela al eje horizontal pero con una velocidad mayor, 2,5 m/s. En el tercer tramo, la gráfica es una recta que coincide con el eje de los tiempos al ser cero la velocidad.



41. **Un guepardo se mueve con $v = 110$ km/h durante 100 m.**

a) ¿Cuánto tiempo emplea en recorrer esa distancia?

b) ¿Cuánto tiempo tardaría en recorrer 100 m un avestruz a 67 km/h? ¿Y un campeón olímpico a 10 m/s?

c) Realiza la representación gráfica posición-tiempo y velocidad-tiempo para cada caso.

a) En 100 m de carrera el guepardo empleará un tiempo de 3,3 s:

$$x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{30{,}56 \text{ m/s}} = 3{,}3 \text{ s}$$

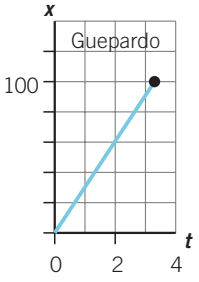
b) Para el avestruz ($v = 18{,}6$ m/s):

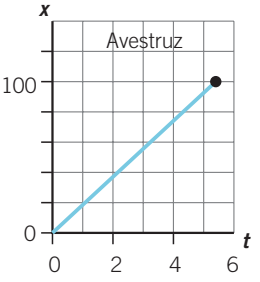
$$\Delta t = \frac{x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{18{,}6 \text{ m/s}} = 5{,}37 \text{ s}$$

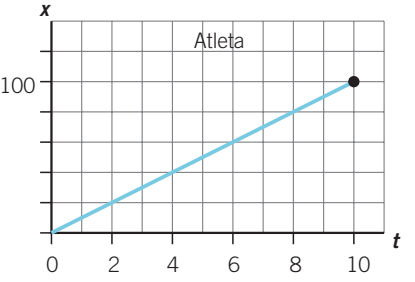
El campeón olímpico tardará:

$$\Delta t = \frac{x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 10 \text{ s}$$

c) La gráfica espacio-tiempo es una línea recta que parte del origen de coordenadas y con una pendiente igual a la velocidad.

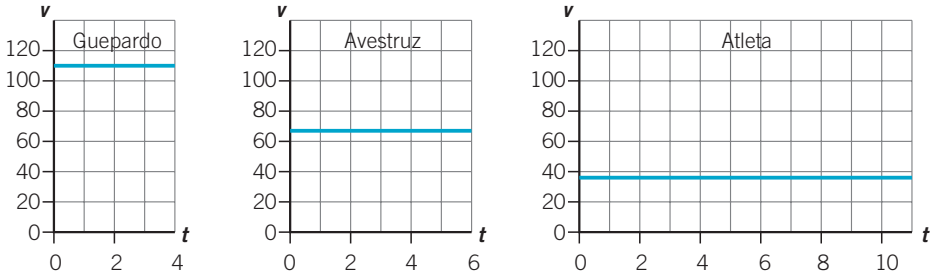






1 El movimiento

La gráfica de la velocidad frente al tiempo es una línea horizontal, paralela al eje del tiempo, que corta al eje de la velocidad en el valor indicado para cada caso.



42. ●●

Seguridad vial. Un coche que se mueve a 60 km/h choca frontalmente con otro que va a 72 km/h. ¿El resultado será el mismo que si ambos coches se mueven en el mismo sentido y el segundo alcanza por detrás al primero? ¿Por qué?

El efecto del choque no será el mismo, ya que cuando ambos circulan en el mismo sentido, la velocidad relativa entre ambos es de 12 km/h, por lo que el impacto es el mismo que se produciría estando el primer coche detenido y el segundo aproximándose a 12 km/h. En el caso del choque frontal la velocidad relativa es de $60 + 72 = 132$ km/h.

43. ●●

Ana vive a 3 km del instituto y María, en la misma carretera, 500 m más lejos. Todas las mañanas, a las ocho y cuarto, cogen la bici para ir a clase. Ana pedalea a 6 m/s, y María, a 8 m/s.

a) ¿Cuándo y dónde se encuentran?

b) ¿A qué velocidad tendría que pedalear Ana, como mínimo, para que María no la alcanzase antes de llegar al instituto?

a) Definimos el origen de referencia ($x = 0$) en el instituto. Entonces:

$$x_{0\,\text{Ana}} = 3000\ \text{m}$$

$$x_{0\,\text{María}} = 3500\ \text{m}$$

Escribimos la ecuación posición-tiempo para cada una:

$$x_{\text{Ana}} = x_{0\,\text{Ana}} - v_{\text{Ana}} \cdot t = 3000\ \text{m} - 6\ \text{m/s} \cdot t$$

$$x_{\text{María}} = x_{0\,\text{María}} - v_{\text{María}} \cdot t = 3500\ \text{m} - 8\ \text{m/s} \cdot t$$

Se encuentran cuando $x_{Ana} = x_{María}$. Es decir:

$$3000\ \text{m} - 6\ \text{m/s} \cdot t = 3500\ \text{m} - 8\ \text{m/s} \cdot t$$

Despejando la incógnita t:

$$-6\ \text{m/s} \cdot t + 8\ \text{m/s} \cdot t = 3500\ \text{m} - 3000\ \text{m} \rightarrow$$

$$\rightarrow 2\ \text{m/s} \cdot t = 500\ \text{m} \rightarrow$$

$$\rightarrow t = \frac{500\ \text{m}}{2\ \text{m/s}} = 250\ \text{s} = 4\ \text{min}\,10\ \text{s}$$

Para ver dónde se encuentran basta con sustituir este valor en la ecuación de posición de Ana o de María:

$$x_{Ana} = x_{0\,Ana} - v_{Ana} \cdot t = 3000\ \text{m} - 6\ \text{m/s} \cdot 250\ \text{s} = 1500\ \text{m}$$

Es decir, María alcanza a Ana cuando aún faltan 1500 m para llegar al instituto.

b) Para que ocurra esto Ana y María deben llegar al instituto al mismo tiempo. Primero calculamos el tiempo que tarda Maria, pedaleando a 8 m/s.

$$v_{María} = \frac{x_{0\,María}}{t_T} \rightarrow$$

$$\rightarrow t_T = \frac{x_{0\,María}}{v_{María}} = \frac{3500\ \text{m}}{8\ \text{m/s}} = 437{,}5\ \text{s} = 7\ \text{min}\,17{,}5\ \text{s}$$

Este es el tiempo que debe tardar Ana para que María no la alcance antes de llegar al instituto:

$$v'_{Ana} = \frac{x_{0\,Ana}}{t_T} = \frac{3000\ \text{m}}{437{,}5\ \text{s}} = 6{,}857\ \text{m/s}$$

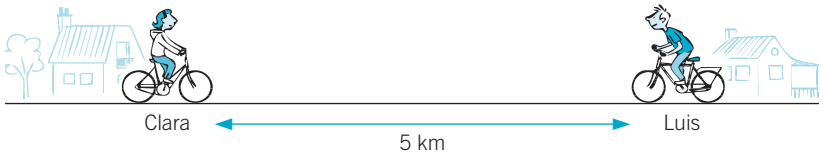
44. ●●

Las casas de Clara y Luis están en la misma carretera, separadas 5 km. El sábado por la mañana deciden intercambiarse un juego; cogerán sus bicicletas a las doce y tratarán de encontrarse hacia la mitad del camino. Como Luis pedalea más despacio (6 m/s) que Clara (10 m/s), sale cinco minutos antes. ¿Dónde y cuándo se encuentran los dos amigos?

Definimos el origen de referencia ($x = 0$) en casa de Clara. Entonces:

$$x_{0\,Clara} = 0\ \text{m}$$

$$x_{0\,Luis} = 5000\ \text{m}$$



Escribimos la ecuación posición-tiempo para cada uno de los amigos:

$$x_{Luis} = x_{0\,Luis} - v_{Luis} \cdot t = 5000\ m - 6\ m/s \cdot t$$

$$x_{Clara} = x_{0\,Clara} + v_{Clara} \cdot (t - 300\ s) = 0\ m + 10\ m/s \cdot (t - 300\ s)$$

Escribimos $(t - 300\ s)$ en la ecuación de clara porque ella sale 5 m (300 s) después que Luis.

Se encuentran cuando $x_{Luis} = x_{Clara}$. Es decir:

$$5000\ m - 6\ m/s \cdot t = 10\ m/s \cdot (t - 300\ s)$$

Despejando la incógnita t:

$$5000\ m + 3000\ m = 6\ m/s \cdot t + 10\ m/s \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow 16\ m/s \cdot t = 8000\ m \rightarrow t = \frac{800\ m}{16\ m/s} = 500\ s = 8\ min\ 20\ s$$

Para ver dónde se encuentran basta con sustituir este valor en la ecuación de posición de Luis o de Clara:

$$x_{Luis} = x_{0\,Luis} + v_{Luis} \cdot t = 5000\ m - 6\ m/s \cdot 500\ s = 2000\ m$$

Así pues, no se encuentran a mitad de camino, sino que están algo más cerca de la casa de Clara (2000 m) que la de Luis (5000 m − 2000 m = 3000 m).

45. ●●

El Thrust SCC es un vehículo híbrido entre coche y avión capaz de acelerar de 0 a 1000 km/h en solo 16 s. Calcula la aceleración que puede conseguir y el tiempo que tardará en romper la barrera del sonido (1215 km/h).

La aceleración mide la variación de la velocidad producida en un tiempo determinado (1215 km/h = 337,5 m/s):

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{277{,}8\ m/s}{16\ s} = 17{,}4\ m/s^2$$

A partir de la ecuación de la velocidad y partiendo del reposo ($v_0 = 0$):

$$v = v_0 + a \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{v}{a} = \frac{337{,}5\ m/s}{17{,}4\ m/s^2} = 19{,}4\ s$$

46. ●●

Calcula la aceleración de cada móvil suponiendo que, partiendo del reposo, al cabo de diez segundos alcanzan la velocidad indicada.

a) Coche de Fórmula 1: 250 km/h.

b) Atleta de élite: 10 m/s.

c) Caracol corredor: 10 m/h.

a) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{69{,}4\ m/s}{10\ s} = 6{,}94\ m/s^2$

b) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10\ m/s}{10\ s} = 1\ m/s^2$

c) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0{,}0027\ m/s}{10\ s} = 2{,}7 \cdot 10^{-4}\ m/s^2$

47. ●●

Calcula y ordena de menor a mayor la aceleración centrípeta en cada apartado:

a) Una noria que se mueve a 20 km/h con un diámetro de 22 m.

b) Un tiovivo que se mueve a 15 km/h con un radio de 5 m.

c) Un vagón en una montaña rusa que describe un rizo de 10 m de diámetro a 80 km/h.

a) Noria: $a_c = \dfrac{v^2}{\text{Radio}} = \dfrac{30{,}86\ \text{m}^2/\text{s}^2}{11\ \text{m}} = 2{,}8\ \text{m/s}^2$

b) Tiovivo: $a_c = \dfrac{v^2}{\text{Radio}} = \dfrac{17{,}36\ \text{m}^2/\text{s}^2}{5\ \text{m}} = 3{,}5\ \text{m/s}^2$

c) Montaña rusa: $a_c = \dfrac{v^2}{\text{Radio}} = \dfrac{493{,}83\ \text{m}^2/\text{s}^2}{5\ \text{m}} = 98{,}8\ \text{m/s}^2$

48. ●●

Seguridad vial. Un vehículo que va a 80 km/h tiene una aceleración de frenada máxima de 6,5 m/s².

Calcula cuánto tiempo tarda en detenerse el vehículo, como mínimo, y qué espacio recorre hasta que se para.

$$v = 0\ \text{m/s};\ v_0 = 80\ \text{km/h} = 22{,}22\ \text{m/s};\ a = -6{,}5\ \text{m/s}^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow 0 = 22{,}22\ \text{m/s} - 6{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot t \rightarrow t = 3{,}42\ \text{s}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 =$$

$$= 22{,}22\ \text{m/s} \cdot 3{,}42\ \text{s} - \frac{1}{2} \cdot 6{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot 3{,}42^2\ \text{s}^2 = 37{,}99\ \text{m}$$

49. ●●

Seguridad vial. Se llama distancia de detención al espacio que recorre un vehículo desde que el conductor se da cuenta de que debe parar hasta que lo consigue. Para calcularla hay que sumar a la distancia de reacción la distancia de frenado.

Calcula la distancia de detención para un coche que va a 80 km/h. Recuerda que el tiempo mínimo de reacción es de 3/4 s y que la aceleración de frenada máxima de un coche que va a esa velocidad es de unos 6,5 m/s².

El tiempo mínimo de reacción es de 0,75 s viajando a 80 km/h = 22,22 m/s en un MRU:

$$\Delta x_1 = v \cdot t = 22{,}22\ \text{m/s} \cdot 0{,}75\ \text{s} = 16{,}67\ \text{m}$$

Como se vio en el ejercicio anterior, para pasar de 80 km/h a 0 km/h frenando a 6,5 m/s² se emplearon 3,42 s recorriendo $\Delta x_2 = 37{,}99$ m, en un MRUA. La distancia de detención será la suma de ambas:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 16{,}67\ \text{m} + 37{,}99\ \text{m} = 54{,}66\ \text{m}$$

1 El movimiento

50. **Para cada uno de los movimientos que hemos estudiado en el ejercicio resuelto 4, escribe las ecuaciones y dibuja las gráficas que tendríamos si el móvil comenzase su recorrido en el origen.**

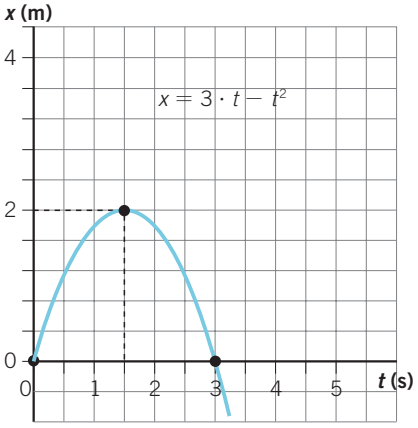
Caso 1.

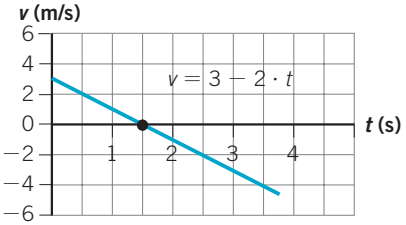
Ecuaciones del movimiento cuando $x_0 = 0$:

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 = 3t + t^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t = 3 + 2t$$

La gráfica *x*-*t* es la misma que la de la página 20 (del libro del alumno), pero la curva parte del origen del sistema de coordenadas.





La gráfica *v*-*t* es la misma que la de la página 20 del libro.

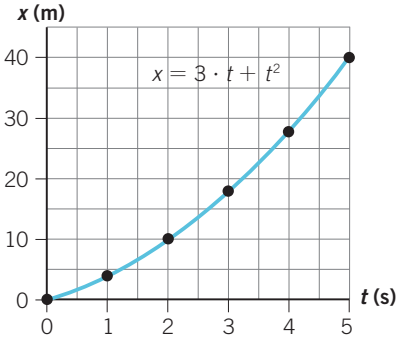
Caso 2.

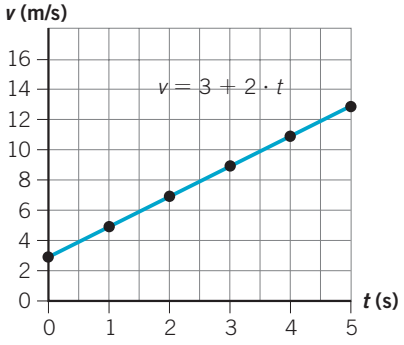
Ecuaciones del movimiento cuando $x_0 = 0$:

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 = 3t - t^2$$

$$v = a \cdot t = 3 - 2t$$

La gráfica *x*-*t* es la misma que la de la página 20, pero la curva parte del origen de coordenadas.





La gráfica *v*-*t* es la misma que la de la página 20 del libro.

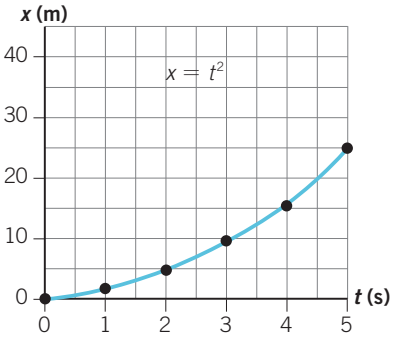
51. **Para cada uno de los movimientos que hemos estudiado en el ejercicio resuelto 4, escribe las ecuaciones y dibuja las gráficas que tendríamos si el móvil comenzase su recorrido en el origen y partiendo del reposo.**

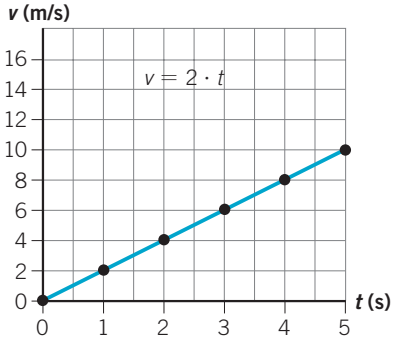
Caso 1.

Ecuaciones del movimiento cuando $x_0 = 0$ y $v_0 = 0$:

$$x = \frac{1}{2}a \cdot t^2 = t^2$$

$$v = a \cdot t = 2t$$





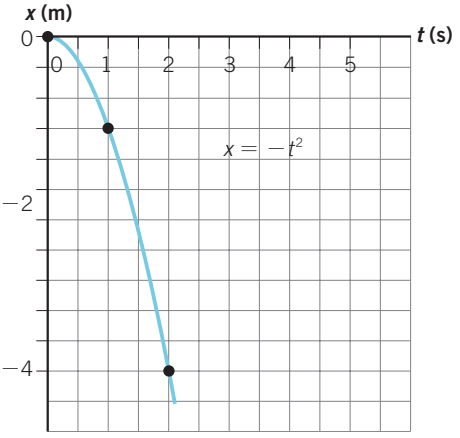
La gráfica *v*-*t* es la misma que la de la página 20, pero partiendo del origen de coordenadas.

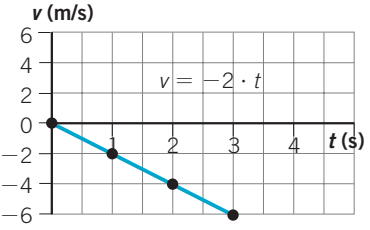
Caso 2.

Ecuaciones del movimiento cuando $x_0 = 0$ y $v_0 = 0$:

$$x = \frac{1}{2}a \cdot t^2 = -t^2$$

$$v = a \cdot t = -2t$$





La gráfica *v*-*t* es la misma que la de la página 20, pero partiendo del origen del coordenadas.

1 El movimiento

52. ●●

Los datos de la tabla indican la velocidad de un coche en una pista recta.

Velocidad (m/s)	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
Tiempo (s)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

a) Representa gráficamente la velocidad en función del tiempo.

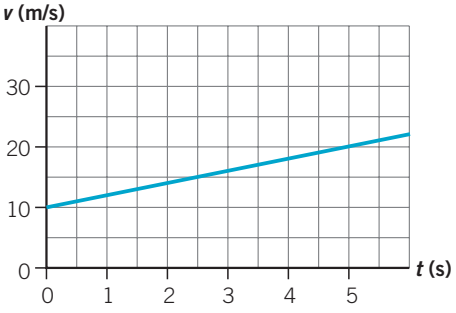
b) Clasifica el movimiento.

c) Escribe la ecuación del movimiento suponiendo que en el instante inicial se encuentra en el origen del sistema de referencia.

d) Calcula la distancia que ha recorrido el coche:

- **A los 2,5 s.**
- **Entre el instante 2,0 s y el instante 5,0 s.**

a) La gráfica velocidad-tiempo es una línea inclinada ascendente que corta al eje de ordenadas en el valor de 10 m/s, que es la velocidad inicial del coche, con una pendiente igual a la aceleración:



$$\text{Pendiente} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \text{ m/s}^2$$

b) Si el coche circula por una pista recta, el movimiento es rectilíneo uniformemente acelerado.

c) Las ecuaciones de este movimiento se expresan de la forma:

$$v = v_0 + a \cdot t = 10 \text{ m/s} + 2 \text{ m/s}^2 \cdot t$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 10 \cdot t + t^2$$

d) Para $t = 2{,}5$ s:

$$x = 10 \text{ m/s} \cdot 2{,}5 \text{ s} + 1 \text{ m/s}^2 \cdot (2{,}5 \text{ s})^2 = 31{,}25 \text{ m}$$

Para $t = 2$ s:

$$x = 10 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} + 1 \text{ m/s}^2 \cdot (2 \text{ s})^2 = 24 \text{ m}$$

Para $t = 5$ s:

$$x = 10 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s} + 1 \text{ m/s}^2 \cdot (5 \text{ s})^2 = 75 \text{ m}$$

La distancia recorrida entre el instante 2 s y 5 s viene dada por la diferencia entre el espacio recorrido a los 5 s y el recorrido a los 2 s:

$$x_{\text{final}} = 75 \text{ m} - 24 \text{ m} = 51 \text{ m}$$

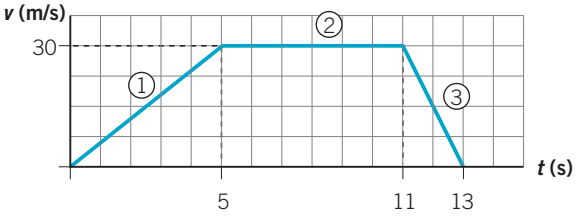
53. ●●●

La siguiente gráfica indica cómo varía la velocidad de un coche durante su recorrido. Suponiendo que parte del reposo y del origen del sistema de referencia, determina:

a) Qué tipo de movimiento lleva en cada tramo.

b) Las ecuaciones del movimiento en cada tramo.

c) El espacio total que recorre.



Suponiendo trayectoria rectilínea.

a) Tramo 1: movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
Tramo 2. movimiento rectilíneo uniforme.
Tramo 3: movimiento rectilíneo uniformemente decelerado.

b) Tramo 1:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow 30 \text{ m/s} = 0 + a \cdot 5 \text{ s} \rightarrow a = 6 \text{ m/s}^2$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 6 \text{ m/s}^2 \cdot 25 \text{ s}^2 \rightarrow x = 75 \text{ m}$$

Tramo 2:

$$v = \text{constante} = 30 \text{ m/s}$$

$$x = v \cdot t = 30 \text{ m/s} \cdot 6 \text{ s} = 180 \text{ m}$$

Tramo 3:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow 0 = 30 \text{ m/s} + a \cdot 3 \text{ s} \rightarrow a = -10 \text{ m/s}^2$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 30 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ s}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow x = 45 \text{ m}$$

c) Espacio total:

$$v = 75 \text{ m} + 180 \text{ m} + 45 \text{ m} = 300 \text{ m}$$

54. ●●

Un coche eléctrico en reposo acelera durante 4 s a 3 m/s². A continuación mantiene la velocidad constante durante 10 s y finalmente se detiene, parándose en 5 s. Dibuja las gráficas velocidad-tiempo y aceleración-tiempo.

a) La gráfica velocidad-tiempo presenta tres tramos:

- El primer tramo, de $t = 0$ a $t = 4$ s, una línea inclinada ascendente que parte del origen de coordenadas y con una pendiente de 3 m/s².

- El segundo tramo, de $t = 4$ s a $t = 14$ s, una línea recta horizontal, paralela al eje de las abscisas, que corta al eje de la velocidad en el valor de la velocidad:

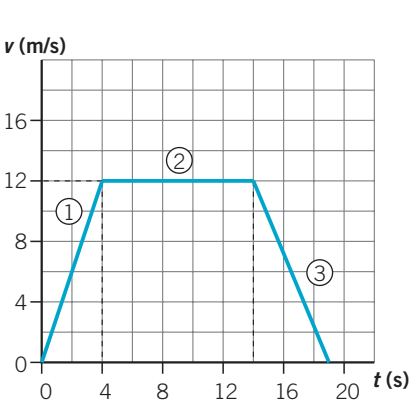
$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 3 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ s} = 12 \text{ m/s}$$

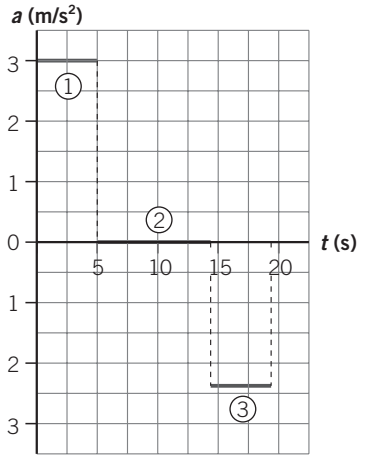
- El tercer tramo, de $t = 14$ s a $t = 19$ s, una línea inclinada que desciende hasta cortar al eje de tiempos en el valor 19 s con una pendiente igual a la aceleración del coche:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow 12 \text{ m/s} = 12 \text{ m/s} + a \cdot 5 \text{ s} \rightarrow a = -2{,}4 \text{ m/s}^2$$

b) La gráfica aceleración-tiempo presenta tres tramos diferentes:

- El primer tramo, de $t = 0$ a $t = 4$ s, una línea horizontal, paralela al eje de tiempos, que corta al eje de ordenadas en el punto 3 m/s^2.
- El segundo tramo, de $t = 4$ s a $t = 14$ s, una línea horizontal paralela situada sobre el mismo eje de abscisas, ya que la velocidad es constante, y la aceleración, nula.
- El tercer tramo, de $t = 14$ s a $t = 19$ s, una línea horizontal, paralela al eje de tiempos, que corta al eje de ordenadas en el punto $-2{,}4$ m/s^2.





55. ●●

Una conductora que circula por una autovía rectilínea a una velocidad de 120 km/h observa con sorpresa que a 100 m de distancia se encuentra un gatito en medio de la carretera.

a) ¿Qué aceleración debe comunicar a los frenos del coche para no atropellarlo?

b) ¿Cuánto tiempo tardará en detenerse?

a) Durante el tiempo de reacción tenemos un MRU a 120 km/h = 33,33 m/s. Recorrerá:

$$\Delta x_1 = v \cdot t_{\text{reacción}} = 33{,}33 \text{ m/s} \cdot 0{,}75 \text{ s} = 25 \text{ m}$$

De los 100 m restan 75 m por recorrer, y como la velocidad final v debe ser nula:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta x \rightarrow 0^2 - 33{,}33^2\ (\text{m/s})^2 = 2 \cdot a \cdot 75\ \text{m} \rightarrow$$
$$\rightarrow \quad a = -7{,}41\ \text{m/s}^2$$

b) Sustituyendo en $v = v_0 + a \cdot t_{\text{frenado}}$, tenemos:

$$0 = 33{,}33\ \text{m/s} - 7{,}41 \cdot t_{\text{frenado}} \rightarrow t_{\text{frenado}} = 4{,}5\ \text{s}$$

El tiempo total será:

$$t = t_{\text{reacción}} + t_{\text{frenado}} = 0{,}75\ \text{s} + 4{,}5\ \text{s} = 5{,}25\ \text{s}$$

56. ●●●

Un deportista entrena por un parque corriendo con velocidad constante de 6 m/s. Observa que, a veinte metros de distancia, una deportista corriendo con su misma velocidad, dirección y sentido, pierde su reproductor mp3. ¿Qué aceleración tendrá que alcanzar el corredor para devolver el mp3 antes de que transcurran 10 s?

El deportista debe adquirir un MRUA: $x_1 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

La deportista mantiene un MRU: $x_2 = x_0 + v \cdot t$.

En el momento en que el deportista alcanza a la deportista las posiciones son iguales:

$$x_1 = x_2 \rightarrow v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = x_0 + v \cdot t$$

Sustituyendo el tiempo $t = 10$ s:

$$6 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 10^2 = 20 + 6 \cdot 10$$

Se obtiene el valor de la aceleración: $a = 0{,}4\ \text{m/s}^2$.

57. ●●●

Un coche teledirigido pasa por la marca de salida de una pista rectilínea a una velocidad de 90 km/h. En ese momento se le aplica una frenada de $-5\ \text{m/s}^2$.

a) Calcula su velocidad y la posición donde se encuentra a los 3 s y a los 6 s de aplicar la frenada.

b) Interpreta el resultado.

a) y b) Pasamos la velocidad a unidades del Sistema Internacional:

$$90\ \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{1000\ \text{m}}{1\ \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1\ \cancel{\text{h}}}{3600\ \text{s}} = 25\ \text{m/s}$$

Escribimos la ecuación de posición tomando el origen en la marca que nos indican:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0\ \text{m} + 25\ \text{m/s} \cdot t - 2{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot t^2$$

Ahora sustituimos en la ecuación para cada instante pedido.

- $t = 3$ s:

$$x_{3\,s} = 25\ \text{m/s} \cdot t - 2{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 = 25\ \text{m/s} \cdot 3\ \text{s} - 2{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot (3\ \text{s})^2 \rightarrow$$
$$\rightarrow x_{3\,s} = 52{,}5\ \text{m}$$

- $t = 6$ s:

$$x_{6\,s} = 25\ \text{m/s} \cdot t - 2{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 = 25\ \text{m/s} \cdot 6\ \text{s} - 2{,}5\ \text{m/s}^2 \cdot (6\ \text{s})^2 \rightarrow$$
$$\rightarrow x_{6\,s} = 60\ \text{m}$$

No parece posible que el coche tan solo recorra 7,5 m en estos 3 s. Lo que ocurre es que el coche se detiene antes de que pasen 6 s. Para saber cuándo se detiene podemos escribir la ecuación de la velocidad y ver cuándo la velocidad final es 0:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Si $v = 0$:

$$0 = v_0 + a \cdot t \rightarrow t = \frac{v_0}{-a} = \frac{25\ \text{m/s}}{-(-5\ \text{m/s}^2)} = 5\ \text{s}$$

Como vemos, se detiene antes de los 6 s que nos indicaba el enunciado.

58. ●●

Un coche circula por una vía recta a 100 km/h en una zona limitada a 50 km/h. Un coche de la policía de tráfico, parado en esa zona, arranca y lo persigue con una aceleración de 1,2 m/s². Calcula el tiempo que tarda en alcanzarlo y la distancia recorrida por la policía.

El coche circula con un movimiento rectilíneo uniforme descrito por esta ecuación:

$$x_1 = v \cdot t$$

El policía arranca con un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$x_2 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, \text{ y como parte del reposo, } v_0 = 0$$

Cuando el coche de policía alcanza al vehículo infractor, las posiciones de ambos respecto al origen son las mismas:

$$x_1 = x_2$$

Igualando ambas ecuaciones se obtiene el tiempo:

$$v \cdot t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow t = 46{,}3\ \text{s}$$

Sustituyendo en cualquiera de las ecuaciones x_1 o x_2 se obtiene el espacio recorrido en este tiempo: $x = 1286$ m.

59. ●●

Un paracaidista salta de un helicóptero desde una altura de 3 km. Después de descender 50 m, abre su paracaídas y cae con velocidad constante de 5 m/s. Calcula el tiempo que tarda en llegar al suelo.

Los primeros cincuenta metros de la trayectoria son negativos, corresponden a una caída libre con velocidad inicial nula:

$$y_1 = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 \rightarrow -50\ \text{m} = -4{,}9\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 \rightarrow t = 3{,}2\ \text{s}$$

El resto de la caída ($y_2 = 3000\ \text{m} - 50\ \text{m} = 2950\ \text{m}$) se produce a velocidad constante; corresponde a un movimiento rectilíneo uniforme:

$$y_2 = v \cdot t \rightarrow 2950\ \text{m} = 5\ \text{m/s} \cdot t \rightarrow t = 590\ \text{s}$$

Sumando los dos tiempos tenemos 593,2 s.

60. ●●

Desde lo alto de un edificio de 50 m de altura se deja caer una pelota.

a) ¿Cuánto tiempo tarda en llegar al suelo?

b) ¿Con qué velocidad llegará?

a) Sustituimos la altura de 50 m y la velocidad inicial nula en la ecuación del espacio para obtener el tiempo de caída:

$$y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 \rightarrow 50 = -4{,}9 \cdot t^2 \rightarrow t = 3{,}2\ \text{s}$$

b) Ecuación de la velocidad:

$$v = v_0 + g \cdot t = -9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 3{,}2\ \text{s} = -31{,}3\ \text{m/s}$$

El signo indica que la pelota se dirige hacia abajo.
(Criterio de signos eje Y: positivo hacia arriba, negativo hacia abajo.)

61. ●●●

Una moneda es arrojada verticalmente hacia arriba desde el borde de la azotea de un edificio de 30 m de altura con una velocidad de 5 m/s. Calcula:

a) La altura máxima que alcanza la moneda sobre el suelo de la calle.

b) El tiempo que tarda en llegar a la altura máxima.

c) La velocidad con que llega al suelo.

El movimiento corresponde a un lanzamiento vertical.

b) La ecuación de la velocidad nos proporciona el tiempo que tarda la moneda en llegar a la altura máxima:

$$v = v_0 - 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t \rightarrow 0 = 5\ \text{m/s} - 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t \rightarrow t = 0{,}51\ \text{s}$$

a) Para obtener la altura máxima se sustituye este tiempo en la ecuación de la posición:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t^2 =$$

$$= 30\ \text{m} + 5\ \text{m/s} \cdot 0{,}51\ \text{s} - 4{,}9\ \text{m/s}^2 \cdot (0{,}51\ \text{s})^2 = 31{,}27\ \text{m}$$

c) Una vez la moneda en la altura máxima se produce la caída libre desde 31,27 m:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot y \rightarrow v^2 = 0 + 2 \cdot (-9{,}8\ \text{m/s}^2) \cdot (-31{,}27\ \text{m}) \rightarrow$$
$$\rightarrow v = -24{,}76\ \text{m/s (hacia abajo)}$$

1 El movimiento

62. ●●

El velocímetro de una moto marca 100 km/h. ¿Se puede asegurar que la aceleración es nula tanto en tramos rectos como en tramos curvos? ¿Por qué?

Aunque la velocidad sea constante, si la trayectoria es curva se produce una aceleración debido al cambio en la dirección de la velocidad, aceleración que se denomina centrípeta o normal. La aceleración tangencial solo mide el cambio en la dirección del módulo de la velocidad respecto al tiempo.

63. ●●

Un viaje en un tiovivo de feria dura dos minutos. Si la velocidad angular es de 0,5 rad/s, calcula:

a) El número de vueltas que describe el tiovivo.

b) La distancia total que recorre un niño que viaja sentado a una distancia de 5 m del eje de giro.

c) El ángulo descrito por el tiovivo en esos 2 minutos.

Se supone que el movimiento del tiovivo es circular y uniforme con una velocidad constante de 0,5 rad/s.

a) $\omega = \Delta\varphi/t \rightarrow \Delta\varphi = \omega \cdot t = 0{,}5 \text{ rad/s} \cdot 120 \text{ s} = 60 \text{ rad}$, que equivale a:

$$60 \cancel{\text{rad}} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \cancel{\text{rad}}} = 9{,}55 \text{ vueltas}$$

b) Una vuelta completa equivale a un espacio recorrido igual a la longitud de la circunferencia.

$$L = 2\pi \cdot \text{Radio} = 2\pi \cdot 5 \text{ m} = 31{,}42 \text{ m}$$

$$9{,}55 \cancel{\text{vueltas}} \cdot \frac{31{,}42 \text{ m}}{1 \cancel{\text{vueltas}}} = 300 \text{ m}$$

c) $\Delta\varphi = \omega \cdot t = 0{,}5 \text{ rad/s} \cdot 120 \text{ s} = 60 \text{ rad}$

64. ●●

En un tractor las ruedas traseras son mucho más grandes que las delanteras. Al ponerse en movimiento, ¿qué ruedas adquieren mayor velocidad angular?

La velocidad angular de las ruedas es proporcional a la velocidad lineal e inversamente proporcional al radio de cada rueda:

$$v = \omega \cdot \text{Radio} \rightarrow \omega = \frac{v}{\text{Radio}}$$

Como consecuencia, las ruedas de menor radio tendrán mayor velocidad angular que las de mayor radio.

65. ●●

El disco duro de un ordenador gira con una velocidad angular de 4200 vueltas por cada minuto. Calcula:

a) La velocidad angular en unidades del SI.

b) El tiempo que tarda en dar una sola vuelta (periodo).

c) Las vueltas que da en 1 s.

d) La velocidad con que se mueve el borde del disco.

Dato: diámetro del disco duro = 10 cm.

a) $\omega = 4200 \text{ rev/min} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 439{,}82 \text{ rad/s}$

b) $T = \frac{1 \text{ vuelta}}{\omega} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\omega} = 1{,}43 \cdot 10^{-2} \text{ s}$

c) $\frac{4200 \text{ vueltas}}{60 \text{ s}} = 70 \text{ vueltas/s}$

d) Conocido el radio (5 cm) se obtiene la velocidad lineal:

$v = \omega \cdot \text{Radio} = 439{,}82 \text{ rad/s} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 21{,}99 \text{ m/s}$

66. ●●

La Luna tarda 29 días, 12 horas y 44 minutos en dar una vuelta alrededor de la Tierra. Calcula la velocidad angular de la Luna alrededor de la Tierra y su velocidad lineal. Dato: $d_{T\text{-}L} = 384\,000$ km.

La velocidad angular de la Luna alrededor de la Tierra se calcula a partir del tiempo que tarda en dar una vuelta completa (2π rad).

Es decir:

$$T = 29 \cdot 24 \cdot 3600 + 12 \cdot 3600 + 44 \cdot 60 = 2\,551\,440 \text{ s}$$

$$T = 2\,551\,440 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{2\,551\,440 \text{ s}} = 2{,}463 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s}$$

La velocidad lineal se obtiene a partir de la velocidad angular y del radio de la órbita:

$$v = \omega \cdot \text{radio} = 2{,}463 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s} \cdot 384\,400\,000 \text{ m} = 946{,}6 \text{ m/s} = 3408 \text{ km/h}$$

RINCÓN DE LA LECTURA

1. ●

Imagina una atleta que corriese a la velocidad que se recoge en el segundo texto. ¿Cuál sería su tiempo en los 100 m lisos?
¿Y si lo hiciera a la velocidad que se señala para el tsunami?

Si la velocidad es de 34 km/s → 34 000 m/s:

$$v = \frac{x}{t} \rightarrow t = \frac{x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{34\,000 \text{ m/s}} = 2{,}94 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

A la velocidad del tsunami (700 km/h = 194,44 m/s):

$$t = \frac{x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{194{,}44 \text{ m/s}} = 0{,}50 \text{ s}$$

2. ●

En el primer texto se indica que los científicos saben mucho acerca de cómo ocurren los tsunamis, pero que el que se generó el 26-12-04 les pilló desprevenidos. Aporta alguna reflexión acerca de esta aparente contradicción.

Respuesta libre. Existe red de vigilancia de tsunamis en el Pacífico para EE UU, Japón, Australia y Latinoamérica. En la zona no había dispositivos de alarma preparados.

3. ●●

En ese texto se comenta que la velocidad de los tsunamis depende de la profundidad del océano. Aventura una hipótesis razonada acerca de cómo fue la velocidad de ese tsunami (mayor o menor de la señalada) al llegar a la costa.

Respuesta libre. Al llegar a la costa las olas se frenan, su velocidad disminuye, pero ganan altura, lo que causa la catástrofe, pues el agua se introduce muchos metros tierra adentro.

4. ●

Hay un aparente error de medidas en el segundo texto. Localízalo y escribe algún comentario crítico acerca de ese desliz.

34 km/s son 4 km por segundo más (y no 4 metros por segundo, como dice el texto) que la velocidad a la que se desplaza la Tierra en su recorrido alrededor del Sol.

Respuesta libre.

En la prensa se trabaja a contrarreloj, por lo que debería destacarse la comprensión por parte de los alumnos hacia ese desliz. Aunque, por otra parte, hay que darle la importancia que merece con el objetivo de ser rigurosos en el tratamiento de datos numéricos.

5. ●

Deduce también a partir de los datos que allí se recogen cuál es la velocidad aproximada en el desplazamiento de la Tierra en su órbita, expresada en kilómetros por hora. Si viajaras a esa velocidad, ¿cuánto tiempo tardarías en viajar de Lisboa a París (1734 km)?

La velocidad de la Tierra en su órbita es de unos 30 km/s en km/h → 108 000 km/h. Para viajar 1734 km a esa velocidad:

$$t = \frac{x}{v} = \frac{1734 \text{ km}}{108\,000 \text{ km/h}} = 0{,}016 \text{ h} \simeq 58 \text{ s}$$