

# 1 EL MOVIMIENTO Y SU DESCRIPCIÓN

## EJERCICIOS PROPUESTOS

- 1.1 De una persona que duerme se puede decir que está quieta o que se mueve a 106 560 km/h (aproximadamente la velocidad de la Tierra alrededor del Sol). Indica la situación de los observadores que miden las velocidades dadas.**

Si el observador se encuentra en la misma habitación, puede decir que la persona que está durmiendo está en reposo. Sin embargo, si el observador se encontrase en un punto del sistema solar, en reposo con respecto al Sol, vería como el que duerme se mueve a la velocidad dada.

- 1.2 Si te encuentras en un tren parado en una estación esperando a que arranque y se pone en movimiento el tren que está paralelo, en la vía de al lado, ¿podrás asegurar que sigues parado? ¿Cómo lo comprobas?**

No podemos asegurar quién se mueve hasta encontrar algún punto de referencia estático en la estación.

- 1.3 Determina la posición en la trayectoria del coche teledirigido en los instantes  $t = 1$  s,  $t = 3$  s,  $t = 7$  s y  $t = 12$  s.**

Sustituyendo en la ecuación del movimiento los distintos tiempos encontramos que el coche dirigitado en el instante  $t = 1$  s estará en  $s = -3$  m, o sea, 3 m antes de la fuente. Para  $t = 3$  s, se encuentra en  $s = 1$  m; para  $t = 7$  s, en  $s = 9$  m; y para  $t = 12$  s,  $s = 19$  m.

- 1.4 Calcula la ecuación del movimiento del coche teledirigido si en el instante inicial se encuentra 1 m a la derecha de la fuente.**

El dato que cambia es la posición inicial, que ahora es  $s_0 = 1$  m. La ecuación será:  $s = 2t + 1$ .

- 1.5 El conductor de un coche ve un semáforo en rojo y empieza a frenar. Tarda en pararse 5 s y mientras se para recorre 50 m.**

a) ¿Qué velocidad media ha llevado?

b) Cuando empezó a frenar, ¿su velocidad era mayor o menor que la calculada?

a) La velocidad media se calcula dividiendo el espacio recorrido entre el tiempo empleado en recorrerlo.

$$v_m = \frac{e}{t} = \frac{50}{5} = 10 \text{ m/s}$$

b) Cuando empezó a frenar, la velocidad instantánea era mayor que la velocidad media.

- 1.6 Una persona viaja en automóvil de Madrid a Sevilla (500 km) en 5 h.**

a) ¿Qué velocidad media ha llevado?

b) Sabiendo que en las autopistas el límite de velocidad es de 120 km/h, ¿puedes asegurar que ha cumplido las normas de Tráfico?

a)  $v_m = \frac{e}{t} = \frac{500}{5} = 100 \text{ km/h}$

b) No podemos asegurar que ha cumplido las normas pues podría haber ido en algún momento a más de 120 km/h y en otros momentos a velocidad inferior a 100 km/h.

- 1.7 Un coche parado en un semáforo se pone en marcha cuando este se abre. Tomando el semáforo como origen, indica si la gráfica s-t sería recta o curva y por qué.**

Obligatoriamente debe ser curva, ya que el movimiento es variado, pues debe cambiar su velocidad desde cero hasta el valor al que circule después.

**1.8 Dadas las gráficas s-t de dos movimientos uniformes, ¿cómo podemos saber cuál de ellos tiene mayor velocidad? ¿Por qué se puede asegurar que son uniformes?**

Tendrá mayor velocidad el movimiento representado por la gráfica de mayor pendiente. Para asegurar que los movimientos son uniformes su pendiente debe ser constante ya que así no cambia la velocidad.

**1.9 El agua de un río aumenta de velocidad al pasar por un estrechamiento. Deduce cuál de las gráficas corresponde al movimiento del agua en el tramo más ancho del río y cuál al tramo más estrecho.**

La que corresponde al tramo más estrecho es la que tiene más pendiente, pues el agua se mueve más rápidamente. La velocidad coincide con la pendiente de la gráfica s-t, y es mayor cuanto más inclinada esté la recta.

**1.10 Un avión pasa por Valencia en dirección norte a 900 km/h, y otro lo hace sobre Bilbao en dirección este, también a 900 km/h.**

Representa el vector velocidad de los aviones, e indica qué tienen en común y en qué se diferencian.



Ambos vectores tienen en común el módulo de la velocidad. Si no cambian, el módulo de su velocidad recorrerán en 1 h, 900 km. Lo que los diferencia es la dirección de la velocidad, ya que cada uno se dirige en una dirección diferente.

**1.11 La gráfica s-t de los dos movimientos, ¿tendrá la misma o distinta pendiente? Razona la respuesta.**

Las gráficas s-t de los dos movimientos de los aviones tendrán la misma pendiente, 900 km/h, ya que el módulo de su velocidad es el mismo.

**1.12 De las siguientes magnitudes, indica las que son vectoriales y las que son escalares.**

**Masa, velocidad, fuerza, temperatura, densidad.**

Son escalares la masa, la temperatura y la densidad, ya que no tienen dirección ni sentido.

Son vectoriales la fuerza y la velocidad, pues tienen módulo, dirección, sentido y punto de aplicación.

**1.13 Dibuja a escala 1:100 de forma aproximada la trayectoria que sigues desde tu clase al patio de recreo. Supón que desde que sales por la puerta de la clase hasta que llegas al patio vas a 0,5 m/s.**

**a) Indica si el movimiento que llevas es uniforme o variado**

**b) Indica si el movimiento es rectilíneo o curvilíneo.**

La trayectoria será distinta para cada alumno. Deben tener en cuenta que cada centímetro del papel representa 1 m de la realidad.

a) Es uniforme, pues es un dato dado que la velocidad sea 0,5 m/s.

b) Depende de cómo sea la trayectoria que trace. Lo más fácil es que no sea completamente recta, en cuyo caso el movimiento será curvilíneo.

1.14 Dibuja de nuevo a escala 1 : 100 la trayectoria que sigues desde la clase al laboratorio de física. Supón que desde que sales por la puerta de la clase hasta que llegas al laboratorio vas a 0,5 m/s.

Tomando en este ejercicio y en el anterior el origen en la salida de la clase, realiza y compara las gráficas s-t de ambos casos. ¿Serán iguales los dos movimientos? Razona la respuesta.

De nuevo, la trayectoria será personal para cada aula en cada centro.

Las gráficas son iguales. Empezamos a contar en el origen, por lo que la ordenada en el origen es 0, y la velocidad es constante (0,5, que será la pendiente de la recta s-t).

La ecuación del movimiento en los dos casos es  $s = 0,5 t$  con s en metros y t en segundos.

Los movimientos no son iguales por no serlo sus trayectorias. Uno de los elementos del movimiento, la relación s-t es igual, pero no el otro, la trayectoria.

1.15 Un leopardo que persigue a una presa en un tramo recto de su movimiento va a 100 km/h. Si tomamos para  $t = 0$  s,  $s_0 = 0$  m, escribe la ecuación del movimiento e indica, razonadamente, qué tipo de movimiento es. Compara la velocidad del leopardo con la de un águila en vuelo a 44 m/s.

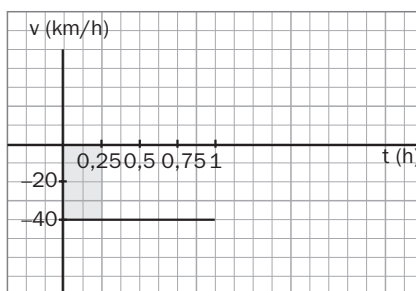
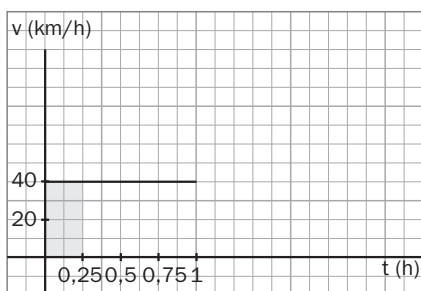
En el tramo recto que nos indican, llevará movimiento rectilíneo. Al ser su velocidad 100 km/h y no depender del tiempo, el movimiento es uniforme, su ecuación es una recta, y como empezamos a contar en el origen, la ordenada en el origen es 0. Por tanto la ecuación es:  $s = 100 t$ ; donde s está expresado en km y t en horas.

Para comparar ambas velocidades, las expresamos en las mismas unidades.

$$v_{\text{leopardo}} = \frac{100 \text{ (km)}}{1 \text{ (h)}} \cdot \frac{1000 \text{ (m)}}{1 \text{ (km)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como se ve es mayor la velocidad del águila que la del leopardo.

1.16 Un autobús va a 40 km/h en un tramo del movimiento. Representa la gráfica v-t y calcula el desplazamiento y el espacio recorrido en un cuarto de hora. Representa la misma gráfica cuando ese tramo se recorre en sentido contrario y calcula de nuevo las mismas magnitudes.



El desplazamiento coincide con el área encerrada entre la gráfica y el eje de los tiempos.

Ida:  $v t = 40 \cdot 0,25 = 10 \text{ km}$

Vuelta:  $v t = (-40) \cdot 0,25 = -10 \text{ km}$

El espacio recorrido es el mismo en ambos casos, 10 km.

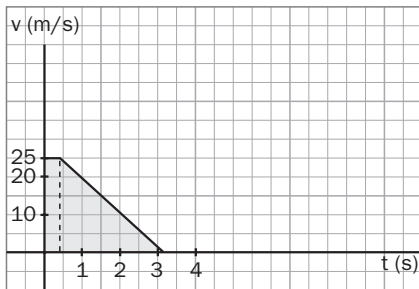
1.17 Calcula, con los supuestos anteriores, la distancia de seguridad para un coche que va a 90 km/h. Si el conductor tarda en reaccionar 0,6 s, ¿Cuánto ha aumentado el espacio total de frenado?

Cambiamos las unidades de la velocidad:  $v = \frac{90 \text{ (km)}}{1 \text{ (h)}} \cdot \frac{1000 \text{ (m)}}{1 \text{ (km)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Como el tiempo de reacción es de 0,4 s, en ese tiempo recorre  $e = 25 \cdot 0,4 = 10 \text{ m}$ .

Si frena disminuyendo  $v$  en 9 m/s cada segundo tarda en detenerse:  $t = \frac{25}{9} = 2,78 \text{ s}$ .

Haciendo la gráfica  $v$ - $t$ , calculamos el espacio recorrido hasta parar sin más que hallar el área encerrada en dicha gráfica.



$$A = 10 + \frac{2,78 \cdot 25}{2} = 10 + 34,75 = 44,75 \text{ m}$$

Por tanto, el coche recorre 44,75 m antes de pararse.

Si el tiempo de reacción aumenta a 0,6 s, el área del triángulo se mantiene, pero la del rectángulo varía:

$$e = 0,6 \cdot 25 + \frac{25 \cdot 2,78}{2} = 49,75 \text{ m. El espacio de frenado aumenta 5 m.}$$

1.18 Entre los factores que influyen en la distancia de frenado, indica sobre cuáles podemos actuar.

Podemos actuar sobre la velocidad a la que viajamos, sobre el estado de los neumáticos y de los frenos para reducir el tiempo de frenado y controlar nuestro cansancio al volante para reducir el tiempo de reacción al mínimo.

EJERCICIOS DE APLICACIÓN

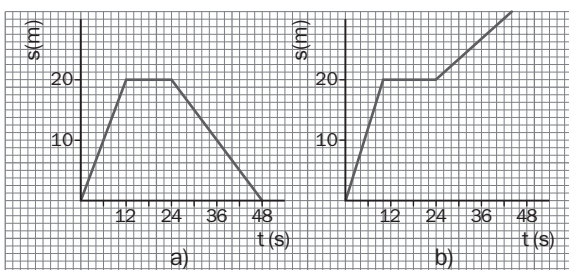
1.19 Mientras Ramón y Alicia corren por la mañana, entrenándose para la próxima carrera, uno al lado del otro, Guillermo los ve pasar desde un banco del parque leyendo el periódico.

- a) ¿Qué observador puede decir que Alicia está en reposo?
- b) ¿Para quién está Alicia en movimiento?
- c) Para Alicia, ¿quién está en reposo y quién en movimiento?

- a) Alicia está en reposo para Ramón, que va a su misma velocidad.
- b) Para Guillermo, Alicia está en movimiento.
- c) Para Alicia, Ramón está en reposo y Guillermo en movimiento.

1.20 Pepe ve salir a su hija Ana hacia el colegio y se da cuenta de que ha olvidado el bocadillo. Lo coge y sale corriendo para alcanzarla. Se lo da, espera a que lo guarde y vuelve andando a casa.

- a) ¿Cuál de las siguientes gráficas  $s$ - $t$  se adapta mejor a esta situación? Razona la respuesta.
- b) Calcula el desplazamiento y el espacio recorrido por Pepe en todo el movimiento estudiado.

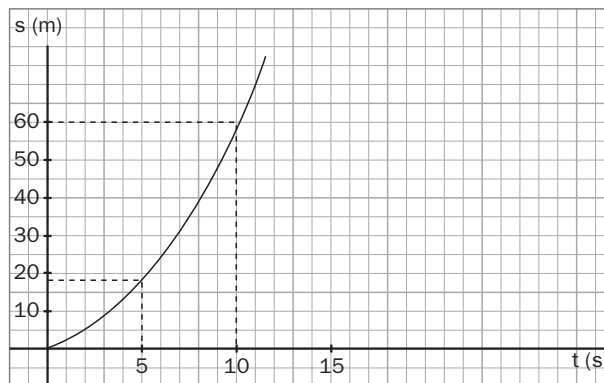


a) De las gráficas  $s$ - $t$  dadas, la que corresponde al movimiento de Pepe es la a) ya que al salir corriendo, la pendiente de la gráfica es mayor al principio, luego se detiene en la misma posición y por último regresa hasta casa. La b) no puede ser, ya que Pepe vuelve a casa y la distancia final al origen es 0.

b) El desplazamiento de Pepe es la posición final menos la inicial, luego  $s - s_0 = 0 - 0 = 0$ . Al final, está en el mismo sitio que al inicio, no se ha desplazado.

El espacio recorrido es de 40 m, pues ha ido hasta donde está Raquel, que en el momento que le da alcance son 20 m y regresa caminando nuevamente los 20 m.

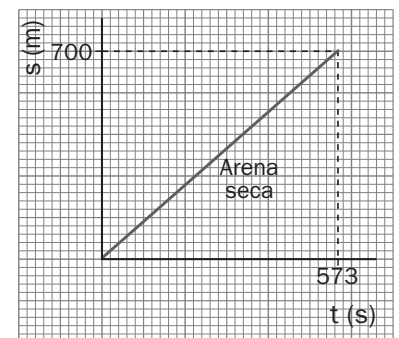
- 1.21 La ecuación del movimiento de un tren cuando arranca de una estación es  $s = 0,6 t^2$  hasta que alcanza la velocidad de 100 km/h. Suponiendo que saliera siguiendo una trayectoria recta, dibújala y sitúa el tren a los 5 y a los 10 s.



A los 5 s, se encuentra en  $s = 0,6 \cdot 5^2 = 15$  m.

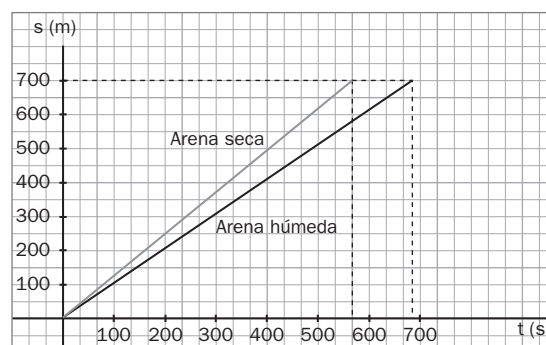
A los 10 s,  $s = 0,6 \cdot 10^2 = 60$  m.

- 1.22 Una persona que pasea por la playa quiere conocer cuál es su velocidad. Para ello sitúa dos señales a 700 m de distancia y mide el tiempo que tarda en recorrerlos sin cambiar su ritmo. Lo hace primero paseando por arena seca, y después repite el paseo por la arena húmeda. La gráfica s-t del camino hecho por la arena seca es:



a) Calcula la velocidad que llevó en m/s, y también en km/h.

b) Razona y dibuja en la misma gráfica s-t cómo sería la recta que representase el movimiento sobre arena húmeda.



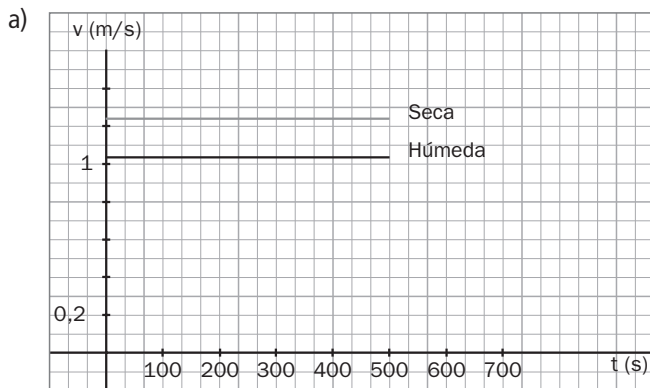
a) La velocidad es la pendiente de la recta:  $\frac{700}{573} = 1,22$  m/s

En km/h,  $v = \frac{1,22 \text{ (m)}}{1 \text{ (s)}} \cdot \frac{1 \text{ (km)}}{1000 \text{ (m)}} \cdot \frac{3600 \text{ (s)}}{1 \text{ (h)}} = 4,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

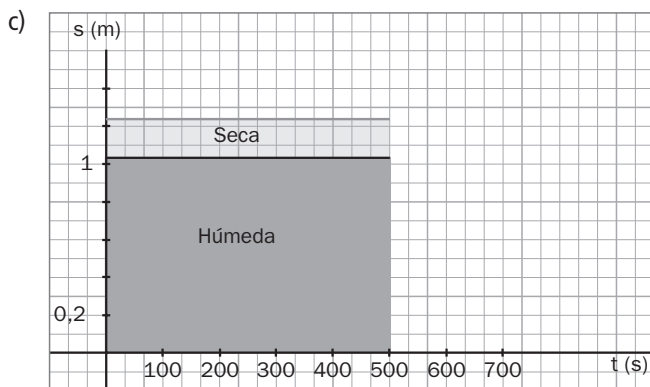
b) La gráfica s-t cuando se pasea por arena húmeda tiene menos pendiente, pues camina más despacio.

1.23 Observando la gráfica s-t del paseo por la arena seca descrito en el ejercicio 22:

- a) Dibuja su gráfica v-t.
- b) Si el paseo por arena húmeda se hace en 686 s, calcula la velocidad que lleva y represéntala en la misma gráfica v-t.
- c) Calcula los espacios recorridos en 500 s sobre arena seca y húmeda por dos métodos: mediante el área de la gráfica v-t y con la ecuación del movimiento uniforme.
- d) Suponiendo que el camino es un tramo recto de la playa, ¿cómo son los movimientos?
- e) ¿Cómo debería ser la trayectoria para que el movimiento fuese curvilíneo y uniforme?



b) La velocidad por la arena húmeda es:  $v = \frac{700}{686} = 1,02 \text{ m/s}$ .



$$s - s_0 = vt; \text{ como } s_0 = 0 \text{ m}$$

$$s_{\text{seca}} = 1,22 \cdot 500 = 610 \text{ m}$$

$$s_{\text{húmeda}} = 1,02 \cdot 500 = 510 \text{ m}$$

$$A_{\text{seca}} = 1,22 \cdot 500 = 610 \text{ m}$$

$$A_{\text{húmeda}} = 1,02 \cdot 500 = 510 \text{ m}$$

- d) El movimiento es rectilíneo y uniforme.
- e) Basta con que el movimiento se realice con velocidad constante, pero no se haga en línea recta, sino en curva.

PROBLEMAS DE SÍNTESIS

1.24 Un coche va por una autopista en la que recorre 100 km a 120 km/h. Sale de ella para seguir por una carretera general en la que realiza otros 100 km a una velocidad de 70 km/h.

- a) ¿Qué velocidad media ha llevado el coche en los 200 km?
- b) ¿Qué tiempo emplea en la autopista?
- c) ¿Y en la carretera general?
- d) Representa en una gráfica v-t el movimiento.
- e) Calcula el espacio recorrido en todo el trayecto.
- f) Calcula la velocidad media con la expresión  $v_m = \frac{e}{t}$  y comprueba que coincide con la que calculaste en el apartado a).

a) Para hallar la velocidad media no podemos sumar las velocidades y dividir entre 2, pues no circula con cada velocidad el mismo tiempo. Hay que hallar el espacio total recorrido y dividirlo entre el tiempo empleado.

Si ha ido 100 km por autopista a 120 km/h,

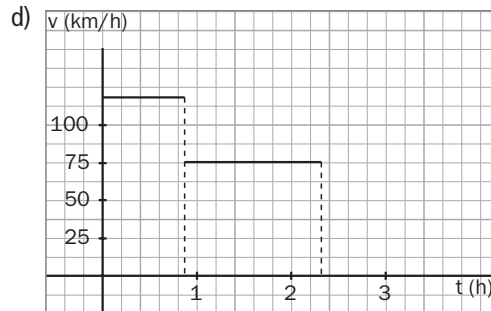
$$\text{entonces } t = \frac{e}{v} = \frac{100}{120} = 0,83 \text{ h.}$$

$$\text{En el siguiente tramo, } t = \frac{e}{v} = \frac{100}{70} = 1,43 \text{ h.}$$

Por tanto, en total ha recorrido 200 km en 2,26 h, ha hecho

$$\text{una media de } v_m = \frac{200}{2,26} = 88,5 \text{ km/h.}$$

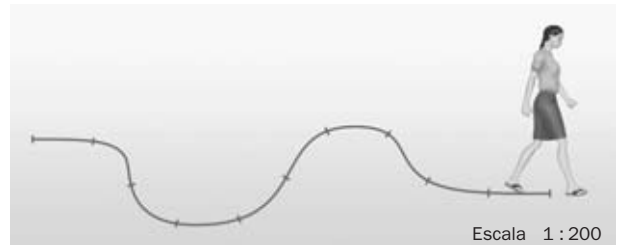
- b) Por la autopista circula durante 0,83 h.
- c) Por la carretera general durante 1,43 h.



- e) En todo el camino ha recorrido 200 km.
- f) La velocidad media es  $v_m = \frac{200}{2,26} = 88,5 \text{ km/h}$

1.25 Susana lleva un movimiento  $s = 0,6 t + 1$ .

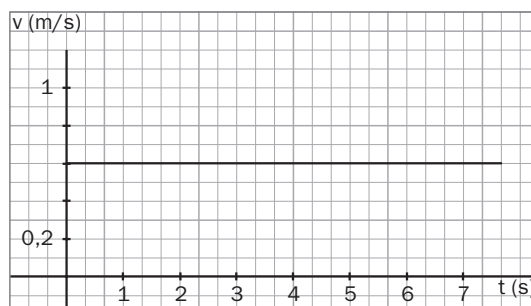
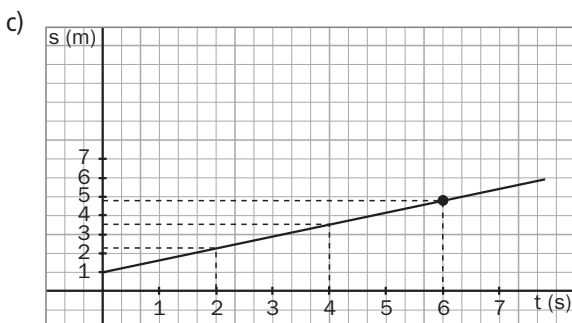
- a) Sitúa a Susana al comienzo del movimiento y en los segundos 2, 4 y 6.
- b) Indica su velocidad y dibuja el vector velocidad a los 6 s.
- c) Representa las gráficas s-t y v-t.
- d) Calcula el desplazamiento y el espacio recorrido por Susana entre los segundos 2 y 6.



a) Calculamos la posición de Susana a partir de esta ecuación, que representamos en las gráficas del apartado c).

$$s_0 = 1 \text{ m; } s_2 = 0,6 \cdot 2 + 1 = 2,2 \text{ m; } s_4 = 0,6 \cdot 4 + 1 = 3,4 \text{ m; } s_6 = 0,6 \cdot 6 + 1 = 4,6 \text{ m}$$

b) La velocidad es la pendiente de la recta,  $v = 0,6 \text{ m/s}$ .

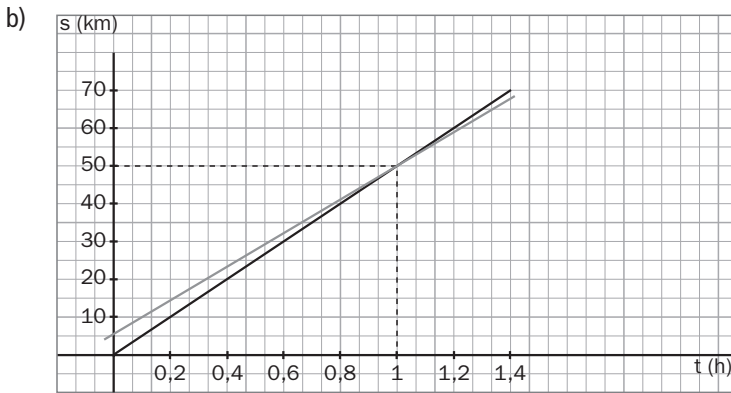


d) Como el movimiento es uniforme y la velocidad no cambia su valor, el desplazamiento coincide con el espacio recorrido y vale  $vt = 0,6 \cdot (6 - 2) = 2,4 \text{ m}$ .

1.26 En una carrera ciclista, uno de los corredores escapa del pelotón. Cuando lleva 5 km de ventaja, otro ciclista sale a darle alcance. Tomamos como origen la posición del pelotón cuando sale el segundo corredor. Sabiendo que el escapado va a 45 km/h y el que le sigue a 50 km/h:

- a) Escribe las ecuaciones del movimiento de los dos ciclistas.
- b) Representa sus gráficas s-t en los mismos ejes.
- c) Calcula gráfica y numéricamente la posición donde le dará alcance.
- d) Representa las gráficas v-t en los mismos ejes.

a) Del escapado  $s = 5 + 45t$ , donde t está expresado en horas y s en kilómetros.  
 De que va en su busca  $s = 50t$ .

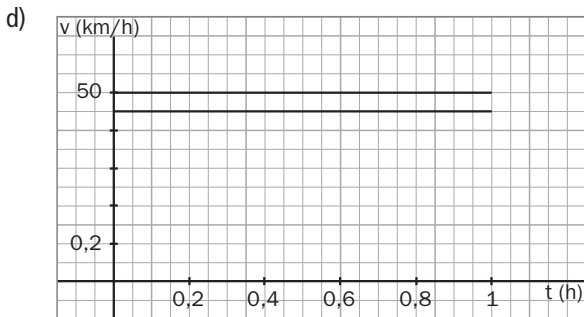


c) En el punto que le da alcance, los valores de s y t son iguales para ambos corredores:

$$5 + 45t = 50t ; t = 1 \text{ h}$$

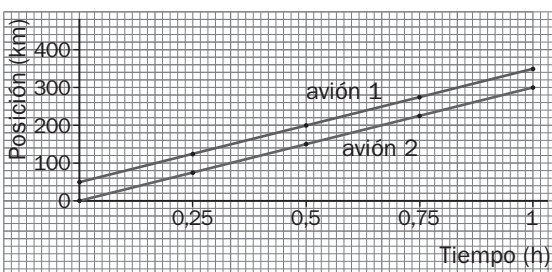
$$s = 50 \text{ km}$$

En la imagen se ve que el punto donde se juntan las gráficas s-t de cada corredor coincide con el calculado analíticamente.



1.27 Observa la gráfica s-t de dos aviones durante un tramo de su movimiento.

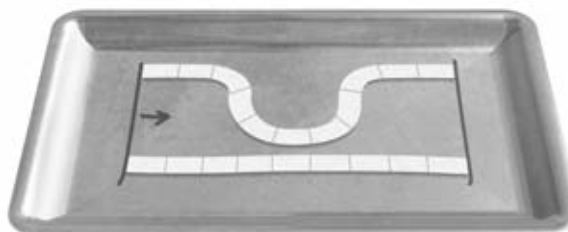
- a) Compara sus movimientos indicando qué tienen en común y cuál es la posición de uno respecto del otro.
- b) ¿Para qué observador están en reposo?



- a) Las distancias están dadas en kilómetros y los tiempos en horas. Van con la misma velocidad, 300 km/h, ya que sus pendientes son iguales, pero uno va 50 km delante del otro.
- b) Cada uno se encuentra en reposo respecto del otro, ya que no cambian sus posiciones.



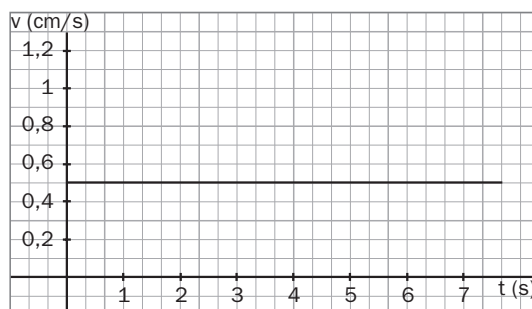
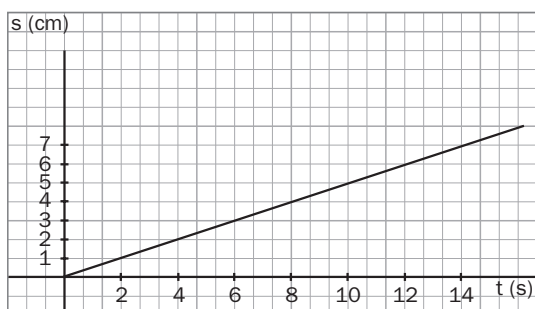
1.28 En el laboratorio se queman dos mechas hechas de papel impregnado de nitrato de potasio, como se ve en la figura, y se estudia el movimiento de avance del fuego por ambas.



Las tablas de datos obtenidas son iguales en los dos casos y su ecuación del movimiento es  $s = 0,5 t$ , donde  $s$  está expresada en centímetros y  $t$  en segundos.

- ¿Cómo es la velocidad con la que se quema la mecha?
- ¿Qué tienen en común y qué diferente los dos movimientos?
- Representa las gráficas  $s-t$  y  $v-t$ .
- Calcula el espacio recorrido y el desplazamiento entre el primer y el segundo minuto del movimiento a partir de las gráficas  $s-t$  y  $v-t$ .
- Para diseñar esta experiencia se decidió dibujar posiciones fijas sobre el papel y medir los tiempos en que pasa la combustión por ellas. Si llamamos variable independiente a aquella cuyos valores elegimos de forma arbitraria, y dependiente, a aquella cuyos valores obtenemos, ¿cuáles son en esta experiencia las variables dependiente e independiente, respectivamente?

- La velocidad con que se quema la mecha es de  $0,5 \text{ cm/s}$ .
- Tienen en común el módulo de su velocidad, que es igual, y la ecuación del movimiento, que es la misma. La diferencia está en que su trayectoria es distinta.
- La gráfica  $s-t$  es la misma para los dos movimientos, una recta que sale del origen con pendiente  $0,5 \text{ cm/s}$ . La gráfica del módulo de la velocidad también es la misma para las dos, una recta horizontal en  $v = 0,5 \text{ cm/s}$ .



- El espacio recorrido coincide con el desplazamiento, pues el movimiento ha sido uniforme. Su valor en la gráfica  $s-t$  es el tramo de  $0,5$  a  $1 \text{ cm}$ , o sea  $0,5 \text{ cm}$ . Hallándolo con la gráfica  $v-t$  es el área encerrada desde  $t = 1$  hasta  $t = 2 \text{ s}$  con  $v = 0,5$ , por tanto  $0,5 \cdot (2 - 1) = 0,5 \text{ cm}$ .
- La variable independiente es la posición, pues la hemos elegido arbitrariamente; la dependiente es el tiempo, ya que no podemos elegirla. Sale el valor que se obtiene experimentalmente.

## PARA PENSAR MÁS

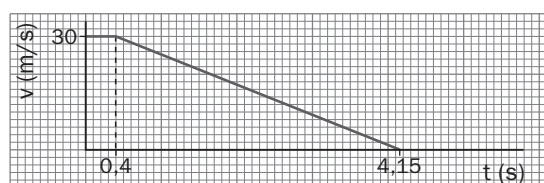
**1.29** Un podómetro es un sencillo aparato que se emplea para medir la distancia que se ha recorrido en un paseo, una carrera, etc. Para poder utilizarlo, primero hay que calibrarlo.

Como el podómetro cuenta el número de pasos que se han dado, hay que introducir en el dispositivo el dato de la longitud media de los pasos de la persona que lo va a utilizar. Cada usuario debe calcular la longitud de sus pasos.

Para calcular la longitud del paseo, el podómetro multiplica el número de pasos por la longitud media de los mismos.

- a) Describe un método que permita calcular la longitud media de los pasos de una persona.
- b) Busca en internet intervalos normales de velocidad de diferentes móviles: de paseantes, de ciclistas, de trenes de alta velocidad, etc.
  - a) Para calcular la longitud media del paso, lo que hay que hacer es la media de varios pasos, cuantos más mejor. Damos por ejemplo 100 pasos y calculamos la distancia que se ha recorrido en esos 100 pasos. Una vez hallada, se divide entre 100 y obtenemos la longitud media de un paso.
  - b) Caminando, se alcanza una velocidad de 4 km/h; en bici, entre 20 y 30 km/h; los trenes de alta velocidad viajan desde 150 hasta 250 km/h dependiendo de los modelos.

**1.30** El conductor de un coche que va a 108 km/h ve un ciervo parado en la carretera a 100 m de él. El tiempo de reacción del conductor es de 0,4 s y frena según esta gráfica v-t.



- a) Calcula gráfica y analíticamente el espacio que recorre el coche antes de frenar.
- b) Calcula gráficamente el espacio que ha recorrido en el tiempo de frenado.
- c) Deduce si atropella o no al ciervo.

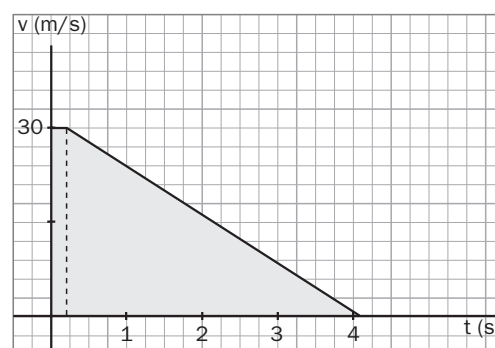
a) Escribimos la velocidad en unidades del SI.

$$v = 108 \left( \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1000 \text{ (m)}}{1 \text{ (km)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{3600 \text{ (s)}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Antes de empezar a frenar, mientras reacciona recorre

$$s = 30 \cdot 0,4 = 12 \text{ m}$$

Gráficamente, el resultado es el área indicada debajo de la línea horizontal.



b) El espacio cuando ya frena es el área del triángulo de base 3,75 y altura 30, por tanto:

$$A = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{3,75 \cdot 30}{2} = 56,25 \text{ m}$$

c) El espacio total que necesita para frenar es de  $12 + 56,25 \text{ m} = 68,25 \text{ m}$  por tanto no atropella al ciervo.

## TRABAJO EN EL LABORATORIO

**1** Cambia de tamaño de bola y repite la experiencia. ¿Cómo es el nuevo movimiento?

El movimiento también será uniforme, pero con distinta velocidad. Cuanto menor es la bola mayor es la velocidad.

**2** ¿Cuándo tendríamos que haber empezado a medir el tiempo para obtener una ecuación del tipo  $s = a + bt$ ?

Tendríamos que haber empezado a contar al pasar por cualquiera de las señales marcadas en el papel cada  $s = 3 \text{ cm}$ .