

## 2. El moviment dels cossos



Cada dia podem observar al nostre entorn tot tipus de cossos en moviment: cotxes, persones i animals, entre d'altres coses.

- Com sap un espectador de la cursa que les motos s'estan movent?
- Saps què és el desplaçament? I la velocitat? Explica-ho amb les teves paraules.
- En quines unitats s'expressa la velocitat en el SI?

Les motos s'estan movent en la mateixa direcció i sentit, però quan un pilot n'avança un altre té la sensació que l'altra moto es mou cap enrere.

- Saps explicar per què?

En el moment de la sortida les motos acceleren.

- Saps què és l'acceleració? Explica-ho amb les teves paraules.
- Amb quina unitat del SI es mesura l'acceleració?

### En aquesta unitat aprendràs...



1. Les magnituds que permeten descriure i analitzar el moviment.
2. Què vol dir que el moviment d'un mòbil és rectilini i uniforme i quina equació el descriu.
3. Què vol dir que el moviment d'un mòbil és rectilini i uniformement accelerat i quines equacions el descriuen.
4. Com aplicar la segona llei de Newton per calcular acceleracions, velocitats i desplaçaments.
5. Com és el moviment d'un cos que es mou verticalment a causa de la força gravitatòria.
6. Què vol dir que el moviment d'un mòbil és circular i uniforme i quina equació el descriu.

## I seràs capaç de...

- Entendre fenòmens de la natura mitjançant l'experimentació.
- Interpretar i analitzar figures i gràfics, deduint lleis físiques.
- Aplicar i comprendre en fets del nostre entorn els coneixements científics apresos.
- Prendre consciència de la necessitat de ser responsable a l'hora de circular amb un vehicle i de quines pautes de seguretat es poden seguir.

[vídeo presentació:](#)

[skate](#)

[descens en bicicleta](#)

[mitjans de transport més ràpid del món](#)

[vehicles futuristes](#)

## 1.L'estudi del moviment

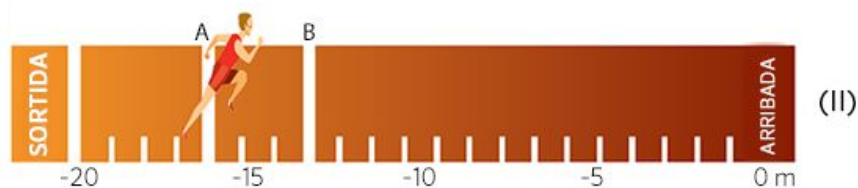
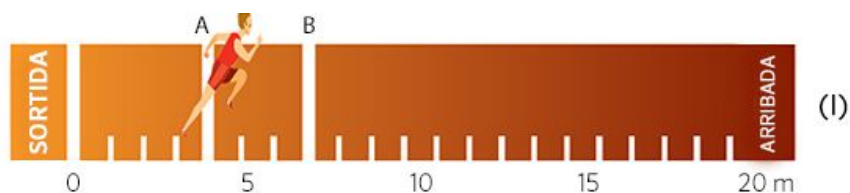
Cada dia podeu observar al vostre voltant tot tipus d'objectes que s'estan movent: cotxes, persones, astres, éssers vius... Ara bé, quines són les magnituds que permeten descriure i analitzar el moviment?

### 1.1 La posició i el moviment

La **posició** indica el lloc on es troba un cos en un moment determinat.

#### Observeu i deduiu

En un tram d'una pista d'atletisme s'han marcat dos punts, A i B.



a. Indiqueu la **posició** del corredor en el punt A en cada cas. Quina serà la posició del corredor en el punt B en cada cas?

b. En tots dos casos, el **sistema de referència** és el mateix, la pista d'atletisme. Quin **punt de referència** heu emprat en el cas I? I en el cas II?

c. Es pot afirmar que el moviment és relatiu? Justifiqueu la resposta.

## 1.2 Trajectòria, espai recorregut i desplaçament

### Observeu i concloeu



Volem desplaçar-nos amb cotxe de Sallent a Berga i busquem informació a la xarxa per saber per quina carretera haurem de circular i per quins pobles passarem. A més, trobem altres informacions, com ara la distància que haurem de recórrer amb el cotxe i el temps necessari per recórrer-la, la distància en línia recta que separa les dues poblacions o el cost del combustible.

- Observeu el mapa. Per quins pobles passarem? Copieu el mapa i dibuixeu la trajectòria que seguirem.
- Busqueu a la xarxa l'espai que el vehicle haurà de recórrer i la distància en línia recta que separa aquestes dues poblacions. En quines unitats de longitud s'expressen? Expressen-les en la unitat corresponent del SI.
- Proposeu una definició de trajectòria, espai recorregut i desplaçament.
- Representeu amb un vector el desplaçament efectuat pel cotxe.

### Activitats

- Un tren es mou per una andana on hi ha gent que espera el proper tren. Justifica quin és el mòbil, és a dir, el cos que es mou, quan el sistema de referència està situat:
  - A l'andana
  - A dins del tren

## 1.3 La velocitat

La **velocitat** relaciona el desplaçament amb el temps emprat per recórrer-lo.

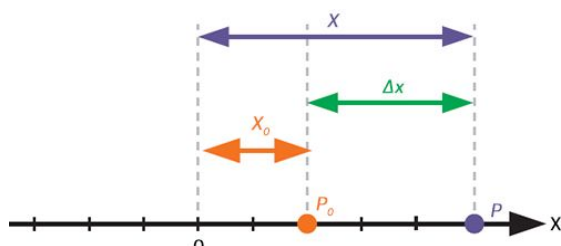
### Observeu i deduiu

Un mòbil es desplaça en línia recta d'una posició  $P_0$  a una altra  $P$ .

**a**-Quina expressió matemàtica utilitzaríeu per determinar el desplaçament  $\Delta x$ ?

**b**-La velocitat mitjana,  $v_m$ , d'un mòbil es

calcula per mitjà de l'equació: 
$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



En quines unitats del SI s'expressa la velocitat?

### Analitzeu els resultats d'un experiment i concloueu

Al pati, amb ajuda d'un cronòmetre i d'una cinta mètrica, analitzeu el vostre moviment. En fer-ho, obteniu les dades següents:

Temps (s)	0	1	2	3	4	5	6
Posició (m)	0	10	20	30	40	50	60

#### Pendent

en matemàtiques, el pendent d'una recta és una mesura de la seva inclinació. Es determina calculant el quocient  $\Delta y/\Delta x$ .  $\Delta y$  és la variació en sentit vertical (eix de les ordenades).  $\Delta x$  és la variació en sentit horitzontal (eix de les abscisses).

- a- Representeu en un gràfic la posició (eix ordenades) respecte del temps (eix abscisses).
- b- Calculeu la velocitat mitjana entre els instants  $t = 1$  s i  $t = 2$  s. I entre els instants  $t = 4$  s i  $t = 5$  s.
- c- Quin és el **pendent** del gràfic entre els instants  $t = 1$  s i  $t = 2$  s? I entre els instants  $t = 4$  s i  $t = 5$  s?
- d- Compareu els resultats de les velocitats mitjanes amb els resultats dels pendents i expliqueu com podeu calcular la velocitat mitjana a partir del gràfic posició-temps.

### Analitzeu els resultats d'un experiment i deduïu

La **velocitat instantània**,  $v$ , és la velocitat que té un mòbil en un instant de temps determinat.

En estudiar l'arrencada d'un cotxe, hem trobat que la velocitat en l'instant  $t = 1,0$  s és de 2 m/s.

Hem pres nota de la posició i el temps entre els instants  $t = 1,0$  s i  $t = 1,5$  s:

Temps (s)	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Posició (m)	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3

a-Completeu la taula:

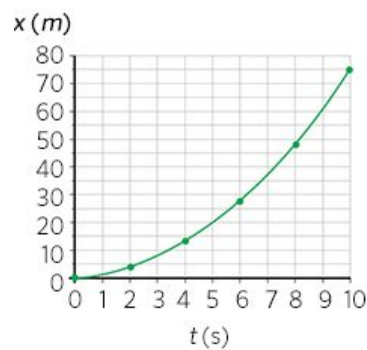
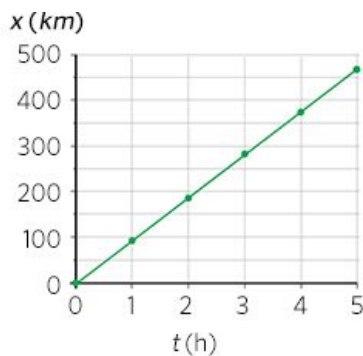
	$\Delta t = 1,5 - 1$ s	$\Delta t = 1,4 - 1$ s	$\Delta t = 1,3 - 1$ s	$\Delta t = 1,2 - 1$ s	$\Delta t = 1,1 - 1$ s
Velocitat mitjana (m/s)					

**b-** Compareu els valors de les velocitats mitjanes que heu calculat amb el valor de la velocitat instantània per a l' instant  $t = 1,0$  s. A mesura que l'interval  $\Delta t$  es va fent més petit, com és la velocitat mitjana comparada amb la velocitat instantània?

**c-** Expliqueu de quina manera podríeu trobar gràficament la velocitat instantània. Podeu consultar-ho al web: [geogebra](http://geogebra.com).

### Interpreteu i deduiu

Un mòbil que es desplaça a velocitat constant es diu que té un **moviment uniforme**, mentre que si la velocitat varia, el mòbil presenta un moviment **variati**.

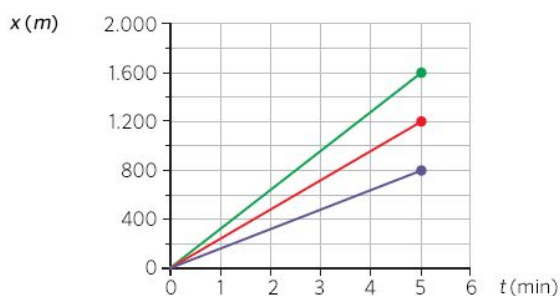


**a-** Justifiqueu quin dels dos gràfics mostra un moviment uniforme i quin un moviment variati.

**b-** Quin dels dos gràfics descriu el moviment d'un cotxe que arrenca en posar-se verd un semàfor? Justifiqueu la resposta.

### Interpreteu un gràfic

El gràfic següent mostra el moviment de tres bicicletes que surten del mateix punt.



**a** -Com és el moviment de les bicicletes, uniforme o variati? Justifiqueu la resposta.

**b** - Sense fer cap càlcul, justifiqueu quina de les bicicletes té una velocitat més gran.

**c** -Calculeu la velocitat de cadascuna de les bicicletes.

### Activitats

**2-** Quina velocitat, mitjana o instantània, mesura el velocímetre d'un cotxe?

**3-** Calcula les velocitats mitjanes, en km/h dels éssers vius següents:

	Falcó	Guepard	Orca	Dofí	Cargol
$\Delta x$ (m)	100	100	100	100	1

$\Delta t$ (s)	1	3	6	9	50
----------------	---	---	---	---	----

4- Un cotxe va de Madrid a València (360 km) en 3 hores i mitja. Expressa'n la velocitat mitjana en km/h i en unitats del SI.

5- Amb les dades de la taula:

- Construeix el gràfic x-t.
- Calcula la velocitat mitjana en cada interval de temps.
- Es tracta d'un moviment uniforme o variat?
- Què vol dir que una velocitat mitjana doni zero?

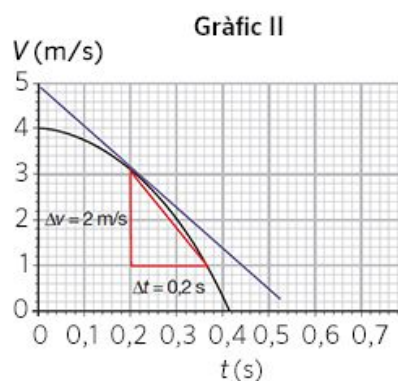
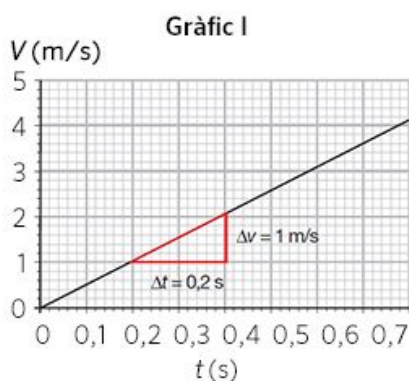
t (h)	0	0,5	1,5	2	4
x (km)	0	3	3	1,7	0

## 1.4 L'acceleració

Per acabar de descriure el moviment cal definir també el ritme de canvi de la velocitat, és a dir, l'acceleració.

### Interpreteu i deduïu

Amb ajuda d'un smartphone estudeu la velocitat de dos objectes si s'han obtingut els gràfics v-t (velocitat-temps) següents:



a. L'acceleració mitjana,  $a_m$ , es defineix com a m, es defineix com:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

En quines unitats de SI s'expressa l'acceleració?

b. Calculeu les acceleracions mitjanes de cada mòbil en els intervals de temps indicats en els gràfics?

c. Què vol dir que l'acceleració mitjana és positiva? I negativa?

d. Quin és el pendent del gràfic (I)?

e. Comparant el valor del pendent del gràfic (I) amb el valor de l'acceleració mitjana que heu calculat, expliqueu com podem calcular l'acceleració mitjana a partir del gràfic velocitat-temps.

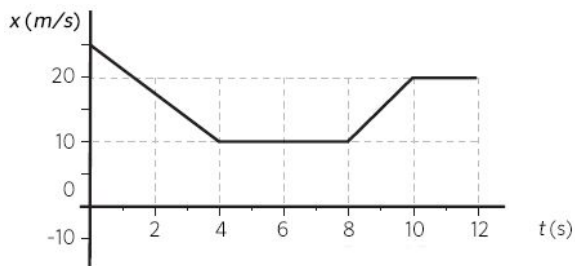
f. L'acceleració instantània,  $a$ , és l'acceleració que experimenta un mòbil en cada instant de temps. En quin dels dos moviments l'acceleració instantània és sempre igual? Justifiqueu la resposta.

## Activitats

6- Una manera de mesurar la potència d'un vehicle és calculant el temps que tarda en assolir certa velocitat. Si un vehicle passa de 0 km/h a 100 km/h en 10 s i un altre ho fa en 3 s, quin és més potent? Quina acceleració té cadascun? Expressa els resultats en unitats del SI.

7- Un motorista que surt del repòs assoleix una velocitat de 40 m/s en 9 s. Després frena fins a aturar-se en 18 s. Quina és l'acceleració en cada cas? Comenta els signes dels resultats obtinguts.

8- El gràfic mostra el moviment d'una motocicleta.



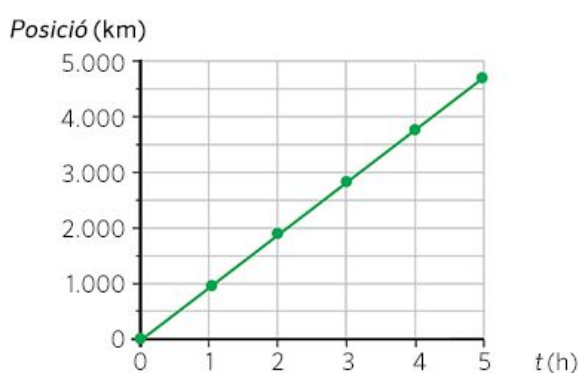
- Justifica en quins trams el moviment és uniforme i en quins és variat.
- Calcula l'acceleració mitjana en cada tram.

## 2-Moviment rectilini uniforme

En la vida quotidiana sovint apareix un tipus de moviment en què la velocitat és sempre la mateixa: un tren en una via recta, un avió amb velocitat de creuer, una bola de billar... Tots aquests mòbils, durant una part del seu recorregut, tenen un moviment rectilini uniforme (MRU). Però, què vol dir que el moviment d'un mòbil és rectilini i uniforme i quina equació el descriu?

### Interpreteu i deduiu

Un avió, després d'enlairar-se, es mou amb un moviment rectilini i uniforme. Les dades d'aquesta part del moviment estan recollides a la taula i representades al gràfic x-t de l'esquerra.



temps (h)	posició (Km)
0	0
1	950
2	1.900
3	2.850
4	3.800
5	4.750

**a-**A partir del gràfic justifiqueu que l'avió es mou amb velocitat constant. Quina és la velocitat de l'avió?

**b-**Com és la trajectòria i la velocitat en un MRU?

**c-**El gràfic x-t (posició – temps) d'un MRU és una recta. Quina relació hi ha entre aquesta recta i la velocitat?

**d-**En el MRU, com són la velocitat mitjana i la instantània? Justifiqueu la resposta.

**e-**A partir de la definició de velocitat deduiu l'**equació de la posició o equació del moviment d'un MRU**:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \dots \Rightarrow x = x_0 + v \cdot (t - t_0)$$

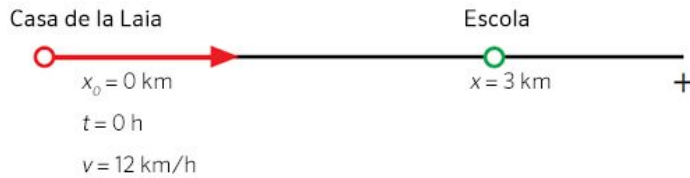
**f-**Indiqueu què representen les lletres de l'equació del moviment d'un MRU.

**g-**Quin serà el valor de  $t_0$  en el cas que el mòbil parteixi del repòs? Quina serà l'expressió de l'equació del moviment en aquest cas?



## Exercici resolt

1-La Laia va de casa seva a l'escola, que és a 3 km, en bicicleta amb una velocitat de 12 km/h. Quant temps tarda a arribar-hi?



$$x = x_0 + v \cdot (t - t_0)$$

$$3 \text{ km} = 0 + 12 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot t$$

$$t = \frac{3 \text{ km}}{12 \text{ km/h}} = 0,18 \text{ h} = 0,18 \cancel{\text{ h}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \cancel{\text{ h}}} = \mathbf{10,8 \text{ min}}$$

## 2.1 Els gràfics en el MRU

### Interpreteu i concloeu

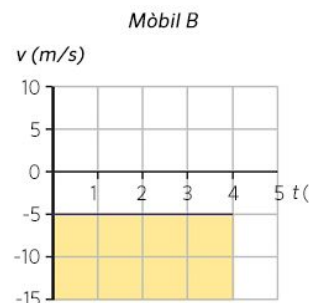
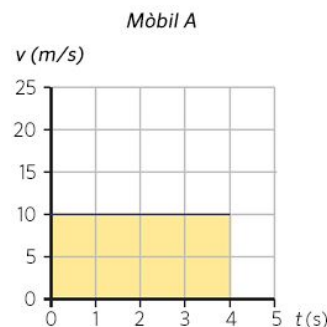
Observeu aquests gràfics i responeu a les preguntes següents:

**a-**Justifiqueu que aquests gràfics velocitat-temps corresponen a moviments rectilinis uniformes.

**b-**Quin valor té la velocitat en el gràfic A? I en el gràfic B? Què creieu que indica el signe negatiu?

**c-**Calculeu el desplaçament realitzat pel mòbil A al cap de 4 segons. Coincideix amb l'àrea pintada entre la recta i l'eix de les abscisses? Feu el mateix per al mòbil B.

**d-**Quina informació podem extreure del gràfic v-t d'un MRU?



### Interpreteu i concloeu

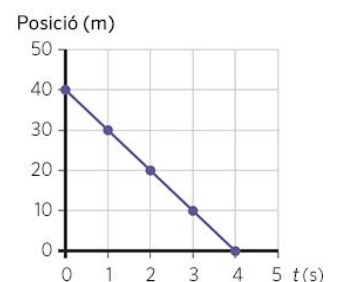
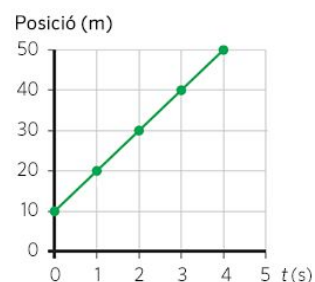
Observeu aquests gràfics i responeu a les preguntes següents:

**a-**Justifiqueu que aquests gràfics posició-temps corresponen als mòbils A i B de l'activitat anterior.

**b-**Quina és la posició inicial i final del mòbil A? I la posició inicial i final del mòbil B?

**c-**En quin sentit es desplaça el mòbil A? I el mòbil B?

**d-**Comproveu que la velocitat correspon al pendent del gràfic x-t.



## Activitats

9-Un motorista passa per un semàfor en verd. Si se sap que es desplaça 500 m cada minut:

- Quina és la velocitat del motorista?
- Si manté aquesta velocitat, quina serà la posició del motorista respecte del semàfor mitja hora després de passar pel seu costat?
- Amb aquesta velocitat, quant temps tardarà a recórrer 3 km?

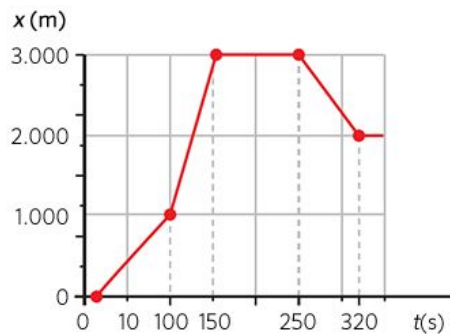
10-Un cotxe de joguina teledirigit es desplaça per damunt d'una pista a una velocitat de 30 cm/s. Sabent que ha arrencat d'un punt que es troba a 3 m de l'origen, determina:

- L'equació del moviment.
- El temps que tarda a recórrer 1,5 m.
- La posició del cotxe 20 s després d'arrencar.
- Construeix els gràfics x-t i v-t.

11-En desplaçar-se al llarg d'una trajectòria rectilínia, un mòbil descriu un moviment representat per aquest gràfic x-t.

Descriu el moviment del mòbil en cada tram.

- Calcula la velocitat en cada tram.
- Explica perquè el moviment global no correspon a un MRU.
- Explica perquè el moviment global no correspon a un MRU.



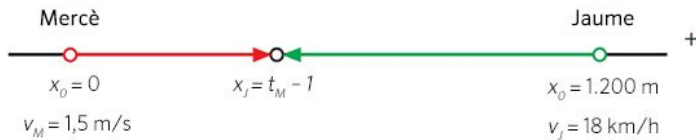
## 2.2 Moviment de dos mòbils en la mateixa direcció i sentit contrari

### Analitzeu la resolució d'un problema

En Jaume i la Mercè viuen al mateix carrer, a una distància de 1.200 m l'un de l'altre. Decideixen trobar-se. La Mercè surt de casa a les 10 h a 1,5 m/s. Un minut més tard, en Jaume surt amb la seva bici cap a casa de la Mercè a una velocitat de 18 km/h. On es trobaran i a quina hora?

Agafem com a origen la casa de la Mercè.

## Unitat 2 -desenvolupament : El moviment dels cossos



$$18 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 10,8 \text{ min}$$

$$x_M = x_0 + v_M \cdot (t_M - t_0) = 0 + 1,5 \cdot t_M$$

$$x_J = x_0 + v_J \cdot (t_J - t_0) = 1.200 - 5 \cdot (t_M - 60)$$

$$t_M = 230,8 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3,85 \text{ min} ; x_M = 346,15 \text{ m}$$

En Jaume i la Mercè es troben a les 10 h i 3,85 minuts a 346,15 m de casa de la Mercè.

**a-** Expliqueu per què és important començar el problema dibuixant un esquema de la situació. Per què la velocitat d'en Jaume es considera negativa?

**b-** Per quin motiu s'aplica, per a cada mòbil, l'equació del moviment d'un MRU?

**c-** Què significa l'expressió  $(t_M - 60)$  que apareix a la segona equació del moviment?

**d-** Expliqueu pas a pas com s'ha resolt el problema.

## Interpreteu un gràfic

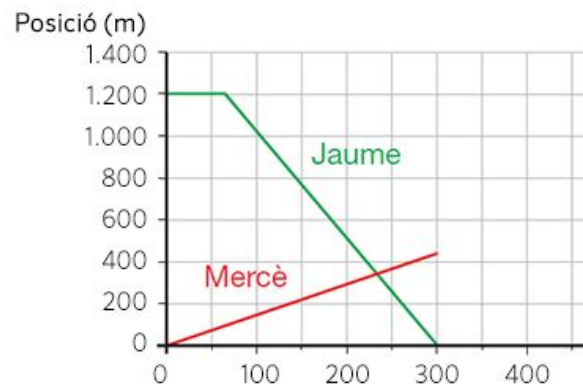
A partir de les equacions del moviment del problema anterior obtenim una taula de valors amb els qual construïm els gràfics x-t (posició-temps) següents.

**a-** Quina informació us donen els pendents sobre el tipus de moviment i el signe de la velocitat?

**b-** De quina manera el gràfic us indica que en Jaume està aturat durant 60 s?

**c-** El punt on es tallen els dos gràfics indica de manera gràfica la posició i l' instant on es troben en Jaume i la Mercè.

Comenteu la precisió dels resultats obtinguts gràficament comparats amb els que heu obtingut amb la resolució de les equacions del moviment.



## 2.3 Moviment de dos mòbils en la mateixa direcció i sentit

### Interpreteu i calculeu

Un autobús i un cotxe es desplacen al llarg d'una carretera rectilínia d'acord amb el gràfic següent:

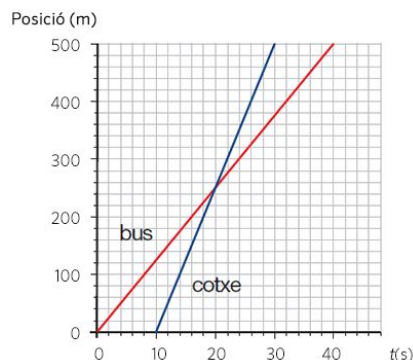
**a-**Tenen la mateixa posició inicial? Han iniciat el moviment tots dos alhora? Justifiqueu les respostes.

**b-**Els dos vehicles es mouen en el mateix sentit o en sentit contrari? Com ho sabeu?

**c-**Sense fer cap càlcul, quin va a més velocitat?

**d-**Expliqueu què faríeu per calcular la velocitat de cada vehicle. Feu el càlcul.

**e-**Redacteu l'enunciat d'un problema que descrigui la situació plantejada i resoleu-lo utilitzant les equacions del moviment.



### Activitats

**12-**Ets al carrer i veus 100 m davant teu una amiga que està corrent. Li vols donar una sorpresa i et poses a córrer a 17 km/h. Si la teva amiga corre a 10 km/h, quan l'atraparàs? Quin distància haurà recorregut la teva amiga fins al punt on l'atraparàs?

**13-**Un veler surt de Ciutadella (Menorca) en direcció al port de Barcelona a una velocitat, que se suposa constant, de 6 nusos. Un altre vaixell surt en el mateix moment de Barcelona cap a Ciutadella a una velocitat de 25 nusos.

- Quant triga el primer vaixell a arribar? I el segon?
- En quin moment i en quin punt es trobaran? Distància Barcelona-Ciutadella: 112 milles nàutiques. El nus és una unitat de velocitat utilitzada en navegació que equival a 1 milla nàutica per hora.

**14-**En Dani surt en bicicleta de casa seva cap a l'escola a una velocitat de 15 km/h. Quan ja ha fet 2 km es creua amb la Judit, que torna caminant a una velocitat de 6 km/h. Resulta que, casualment, tots dos havien iniciat els seus trajectes a la mateixa hora. Quina és la distància que hi ha entre la casa d'en Dani i l'escola?

**15-**Uns lladres roben un cotxe i fugen a una velocitat de 140 km/h. Un cotxe de policia que es trobava a 5 km del lloc dels fets rep l'avís del robatori 5 minuts després i surt a perseguir els lladres a 180 km/h. Quant trigarà la policia a atrapar-los? A quina distància del lloc del robatori els atraparà?

## 3-El moviment rectilini uniformement accelerat

Un avió en el moment d'enlairar-se o aterrar i un atleta dels 100 m llisos que comença a córrer són exemples de mòbils que tenen, durant una part del seu recorregut, un moviment

rectilini uniformement accelerat (MRUA). Però, què vol dir que el moviment d'un mòbil és rectilini uniformement accelerat i quines equacions el descriuen?

## Interpreteu i deduïu

En frenar, es pot considerar que un cotxe descriu un moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA). Si s'analitza el seu moviment s'obté aquest gràfic:

**a-**Quant val l'acceleració mitjana entre els instants  $t = 0$  i  $t = 5$  s?

**b-**Justifiqueu, a partir del gràfic, que l'acceleració és constant.

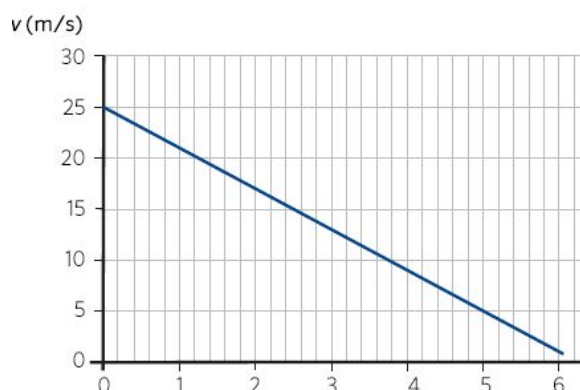
**c-**Completeu les frases següents:

Un mòbil es desplaça segons un MRUA quan la seva trajectòria és una línia \_\_\_\_\_ i l'acceleració és \_\_\_\_\_.

El gràfic  $v-t$  (velocitat-temps) d'un MRUA és una recta, el pendent de la qual correspon a l'\_\_\_\_\_.

**d-**A partir de la definició de l'acceleració deduïu l'equació de la velocitat d'un MRUA:

$$v = v_0 + a \cdot (t - t_0).$$



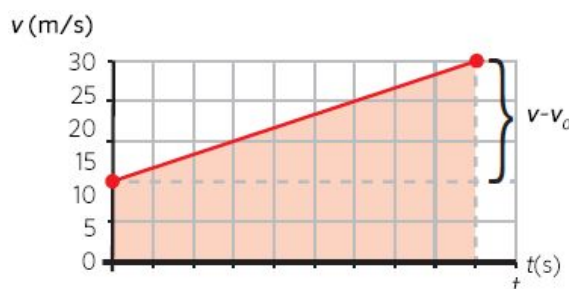
## Deduïu i feu una cerca

L'àrea del gràfic  $v-t$  (velocitat-temps) permet determinar el desplaçament fet per un mòbil.

**a-**Fixeu-vos que l'àrea sota la recta és la suma de les àrees d'un rectangle i d'un triangle. Utilitzant aquest fet i que  $v - v_0 = a \cdot t$ , deduïu l'equació de la posició o del moviment d'un MRUA.

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

**b-**Cerqueu informació sobre les paràboles. Expliqueu per què l'equació de la posició d'un MRUA és una paràbola.



## Apliqueu una equació

A partir de l'equació de la velocitat i la de la posició d'un MRUA es pot deduir l'equació:

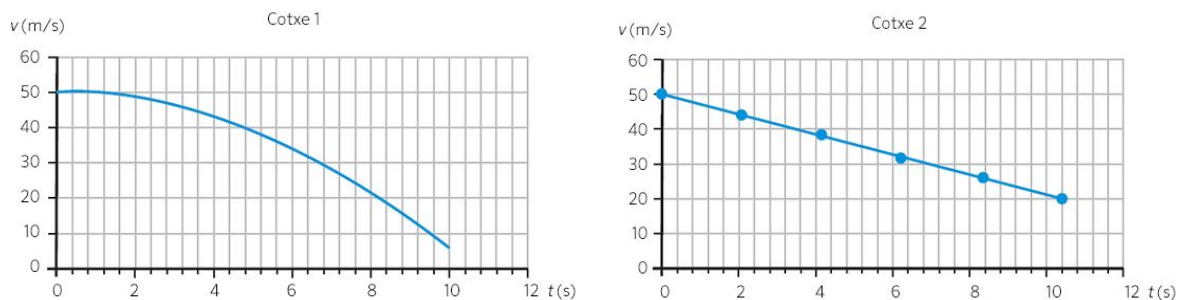
$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

**a-**Resoleu el problema següent: un cotxe es desplaça a 100 km/h i frena amb una acceleració de  $4 \text{ m/s}^2$ . Quina distància necessita per aturar-se completament?

**b-**Redacteu un text per explicar pas a pas a un company o companya de classe com heu resolt el problema.

## Analitzeu i compareu

Dos cotxes de F1 arriben al final d'una recta i frenen. La telemetria dels equips mostra els gràfics v-t(velocitat -temps) següents:



**a-**Observeu els gràfics i justifiqueu si la frase següent és certa o falsa:

Tots els moviments variats són uniformement accelerats.

**b-**Justifiqueu quin dels dos vehicles frena seguint un MRUA. Quant val la seva acceleració?

**c-**Construïu el gràfic x-t (espai-temps) del moviment que segueix un MRUA. Descriviu la forma del gràfic que obteniu.

**d-**Calculeu el desplaçament del cotxe que ha frenat segons un MRUA.

## Activitats

**16-**Un mòbil té un moviment descrit per l'equació de moviment  $x = 1 + t + 2 \cdot t^2$

- Quan val la posició inicial? I la velocitat inicial? I l'acceleració?
- Representa el gràfic x-t (posició-temps). Quin tipus de gràfic has obtingut?

**17-**Un cotxe passa per un punt quilomètric d'una carretera a 80 km/h amb una acceleració de 2 m/s<sup>2</sup>. A quina distància estarà del punt quilomètric quan vagi a 120 km/h?

**18-**El catàleg d'un cotxe afirma que té una acceleració d'1,8 m/s<sup>2</sup>.

- Quant de temps tardarà en arribar a una velocitat de 90 km/h?
- Si surt del repòs, quina distància haurà recorregut quan la seva velocitat sigui de 90 km/h?
- Si pogués mantenir aquesta acceleració durant un minut, a quina velocitat arribaria?

**19-**Un cotxe que circula a 30 m/s per una carretera veu un obstacle al seu davant. Frena i s'atura en 12 segons.

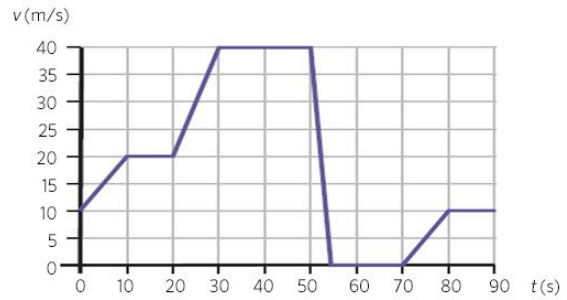
- Quina és l'acceleració de frenada del cotxe?
- Quina distància recorre el cotxe en aquest temps?
- Representa els gràfics a-t (acceleració-temps) i v-t (velocitat-temps) del moviment del cotxe.

**20-**Un corredor de 1.000 m llisos comença la cursa amb una acceleració de 2 m/s<sup>2</sup> fins a assolir una velocitat de 9 m/s. Manté aquesta velocitat durant 200 m i després comença a desaccelerar a un ritme de 0,05 m/s<sup>2</sup>. Quant tarda a recórrer els 1.000 m?

**21-**Un mòbil es desplaça segons el gràfic v-t (velocitat-temps) adjunt.

a-Calcula l'acceleració en cada tram.

b-Quin és el desplaçament entre els instants 20 s i 50 s?



### 3.1 Moviment de dos mòbils en la mateixa direcció i el mateix sentit

#### Analitzeu la resolució d'un problema

Un camió passa per un semàfor a una velocitat constant de 8,3 m/s. En el semàfor, una moto arrenca amb una acceleració constant d'1 m/s<sup>2</sup>.

Quant tardarà la moto a atrapar el camió? A quina distància del semàfor l'atraparà?



$$x_c = x_0 + v \cdot t = 0 + 8,3 \cdot t$$



$$x_m = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot t^2$$

Quan dos mòbils es creuen, ocupen la mateixa posició, per tant:  $x_c = x_m$

En igualar les dues equacions de posició, obtenim dues solucions:  $t = 0 \text{ s}$  i  $t = 12,6 \text{ s}$ .

Així doncs, la moto tarda **12,6 s** a atrapar el camió.

En substituir  $t = 12,6 \text{ s}$  en qualsevol de les dues equacions de posició, obtenim la distància a la qual la moto atraparà el camió: a **137,8 m** del semàfor.

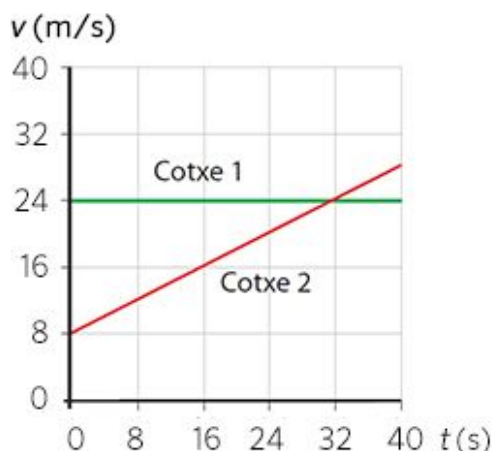
**a**-Per què s'utilitzen equacions de la posició diferents per a cada mòbil?

**b**-Per què es consideren les dues velocitats positives?

**c**-La solució  $t = 0 \text{ s}$  també representa un punt en el qual els dos mòbils es troben. Quin és aquest punt?

#### Interpreteu i deduiu

Els gràfics següents pertanyen al moviment de dos cotxes per una autovia, que en l'instant  $t = 0 \text{ s}$  passaven pel mateix lloc.



**a-** Expliqueu quin tipus de moviment té cada cotxe.

**b-** Justifiqueu que els dos cotxes es mouen en el mateix sentit.

**c-** A partir del gràfic determineu per a cada cotxe l'acceleració i el desplaçament en els primers 32 s.

## Activitats

**22-** Una moto passa per un punt a una velocitat constant de 60 km/h. Darrere seu, a 100 m, s'apropa un cotxe en la mateixa direcció i sentit a una velocitat de 30 km/h i amb una acceleració constant de 0,8 m/s<sup>2</sup>. En quin moment i a quina distància el cotxe atraparà la moto?

**23-** Dos ciclistes situats a una distància de 50 m l'un de l'altre surten del mateix punt a la vegada. El primer ho fa amb una acceleració de 0,8 m/s<sup>2</sup> i el segon amb una acceleració d'1,2 m/s<sup>2</sup>. Aconseguirà el segon ciclista atrapar el primer? Quan? On?

## 4-Les forces i el moviment

La **cinemàtica** és la part de la física que explica el moviment, però no n'explica les causes. D'estudiar les causes se n'ocupa la dinàmica amb ajuda de les lleis de Newton. Ara bé, saps com aplicar la segona llei de Newton per calcular acceleracions, velocitats i desplaçaments?

### Analitzeu la resolució d'un problema

Un vehicle de 1.000 kg comença a moure's en línia recta empès pel seu motor, que li proporciona una força de 5.000 N, durant 10 s. Si el coeficient de fregament amb el terra és de 0,1 calculeu : la velocitat que adquireix el vehicle i el desplaçament que ha fet en aquests 10 s .

**a-** La velocitat que adquireix el vehicle.

$$N - p = 0$$

$$F - F_{\text{freg}} = m \cdot a$$

$$N = p = 1.000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9.800 \text{ N}$$

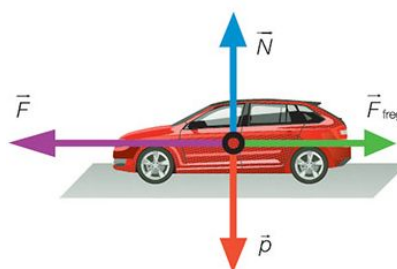
$$F_{\text{freg}} = \mu \cdot N = 0,1 \cdot 9.800 \text{ N} = 980 \text{ N}$$

$$F = m \cdot a \rightarrow a = (5.000 \text{ N} - 980 \text{ N}) / 1.000 \text{ kg} = 4,02 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 4,02 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ s} = \mathbf{40,2 \text{ m/s}}$$

**b-** El desplaçament que ha fet en aquests 10 s.

$$x_M = x_0 + v_0 \cdot t + 0,5 \cdot a \cdot t^2 = \mathbf{201 \text{ m}}$$





- Quina llei de la física esteu utilitzant per calcular l'acceleració?
- Com és la direcció de l'acceleració comparada amb la de la força resultant?
- Justifiqueu, sabent que la força resultant és constant en direcció i sentit, que el mòbil descriu un moviment rectilini uniformement accelerat.
- Redacteu un text per explicar pas a pas a un company o companya de classe com s'ha resolt el problema.

### Activitats

**24-**El motor d'un cotxe de 800 kg de massa exerceix una força de 1.500 N.

- Calcula l'acceleració amb què arrenca.
- Si manté l'acceleració durant 8 s, quina velocitat assoleix?
- Quin ha estat el seu desplaçament en aquest temps?

**25-**En aterrar, un avió contacta amb la pista a 180 km/h i comença a frenar amb una acceleració de 4 m/s<sup>2</sup>. Quina ha de ser la longitud mínima de la pista d'aterratge?

**26-**En el catàleg d'una moto s'indica que quan es desplaça a 50 km/h presenta un fregament de 100 N i quan va al doble de velocitat el fregament és de 300 N. Quina força ha de fer el motor en cada cas per mantenir la velocitat constant?

**27-**Un iot de 2.000 kg comença a navegar en línia recta empès pel seu motor, que li proporciona una força neta de 400 N, durant un minut. Després redueix la força per compensar la força de fregament amb l'aigua, i avança durant un altre minut. Quin espai ha recorregut en total?

**28-**Un cotxe viatja a 30 m/s per una carretera horitzontal. El coeficient estàtic de fregament entre la carretera i els pneumàtics és de 0,5 i el cinètic és igual a 0,3:

- Determina la distància de frenada si el cotxe frena amb un sistema ABS, de manera que les rodes no llisquen.
- Justifica la importància que un cotxe disposi de sistema ABS a l'hora de frenar.

## 5-El moviment de caiguda lliure

Un cos que cau pel seu propi pes des d'una certa altura segueix una trajectòria rectilínia i diem que té un moviment de caiguda lliure. Com és el moviment d'un cos que es mou verticalment a causa de la força gravitatòria?

### Analitzeu el resultat d'un experiment i deduiu

Amb l'ajut d'un ordinador estudiem el moviment d'una pilota de bàsquet que llancem verticalment cap amunt amb una velocitat inicial de 20 m/s. Situem l'origen del sistema de referència en el punt de llançament i prenem l'eix Y positiu en sentit ascendent.

L'ordinador permet obtenir les dades següents:

Temps (s)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Velocitat (m/s)	20,0	15,1	10,2	5,3	0,4	-4,5	-9,4

- a-Feu el gràfic v-t del moviment de la pilota i justifiqueu a partir del gràfic que el moviment de la pilota és un MRUA.
- b-Calculeu l'acceleració que experimenta la pilota en el seu moviment.
- c-En el seu moviment, la pilota passa per tres situacions: A, quan està pujant; B, quan està a dalt de tot i C, quan baixa. Completeu la taula:

Situació	Sentit del vector acceleració	Valor de l'acceleració	Sentit del vector velocitat
A (pujant)			
B (a dalt de tot)			
B (a dalt de tot)			



### Deduïu una equació

Durant la caiguda lliure només actua la força de la gravetat. Així:

$$p = m \cdot g$$

$$m \cdot a = m \cdot g$$

$$a = g = -9,8 \text{ m/s}^2$$

**a**-Quina llei física esteu utilitzant per obtenir que  $a = g$ ?

**b**-Per què l'acceleració és negativa?

**c**-L'acceleració del moviment de caiguda lliure depèn de la massa? Raoneu la resposta.

**d**-En una caiguda lliure, l'acceleració del mòbil,  $a$ , és igual a l'**acceleració de la gravetat,  $g$** . Si actués una força de fregament, com seria l'acceleració del mòbil comparada amb l'acceleració de la gravetat  $g$ ?

### Deduïu i justifiqueu

Justifiqueu els passos que se segueixen per arribar a les següents equacions vàlides per a un moviment de caiguda lliure:

$$v = v_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 = v_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2 = v_0 + v_0t + \frac{1}{2}9,8t^2$$

$$v = v_0 + at = v_0 + gt = v_0 - 9,8t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) = v_0^2 + 2g(x - x_0) = v_0^2 + 2 \cdot 9,8(y - y_0)$$

### Analitzeu la resolució d'un problema

Llanceu una pilota cap amunt amb una velocitat inicial de 8 m/s.

**a**-Quina és l'altura màxima a què arribarà?

**b**-Quant tardarà a tornar a les vostres mans?

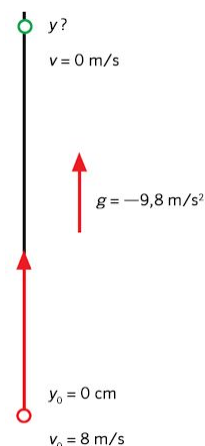
$$a. y = v_0 + v_0 t \Rightarrow 0 = 8 \text{ m/s} + (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot t = \frac{-8 \text{ m/s}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 0,8 \text{ s}$$

$$y = v_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$y = 0 + 8 \text{ m/s} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 0,82 \text{ s} = 3,3 \text{ m}$$

$$b. y = v_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$0 = 0 + 8 \text{ ms} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot t^2$$



La resolució d'aquesta equació de segon grau té dues solucions,  $t = 0 \text{ s}$  i  $t = 1,6 \text{ s}$ , que és el temps que la pilota tardarà a tornar a les vostres mans.

- Per què es pren el valor de  $g$  com a negatiu?
- Per què en el punt més alt de la trajectòria la velocitat és zero?
- Si compareu el temps de pujada amb el temps total que ha tardat la pilota a tornar a les vostres mans, què observeu?

## Activitats

**29-**L'enganxeta d'una colla castellera cau des d'11 m d'altura quan el castell que acaba de carregar fa llenya. Calcula amb quina velocitat impacta sobre els companys que fan la pinya, a 1,80 m de terra.

**30-**Es llança una pilota de tennis verticalment cap amunt amb una velocitat de 15 m/s.

- Quant tarda a arribar a l'altura màxima?
- Quina és aquesta altura?

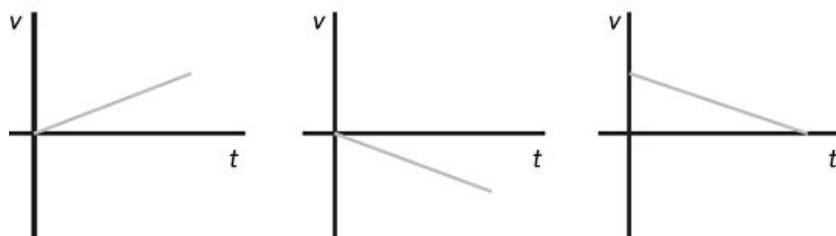
**31-**Calcula amb quina velocitat impactarà un paquet que es deixa caure des del terrat d'un edifici de 15 pisos. (Considera que cada pis té 3 m d'altura.)

**32-**Un saltador d'altura té una marca personal de 2,40 m. Determina la velocitat amb què ha saltat verticalment per arribar a aquesta marca.

**33-**Una grua aixeca un palet de sacs de ciment amb una velocitat de 5 m/s. Quan es troba a 6 m d'altura un dels sacs cau:

- Quant temps tarda el palet a arribar a terra?
- Amb quina velocitat impacta el sac a terra?

**34-**Deixes anar una pedra des d'una certa altura que xoca amb l'aigua. Justifica quin dels gràfics següents representa aquest moviment de caiguda lliure.



## 6-El moviment circular uniforme

Les busques d'un rellotge, la roda d'un parc d'atraccions o el moviment de rotació de la Terra són exemples de moviment circular i uniforme (MCU). Però, què vol dir que el moviment d'un mòbil és circular i uniforme i quina equació el descriu?

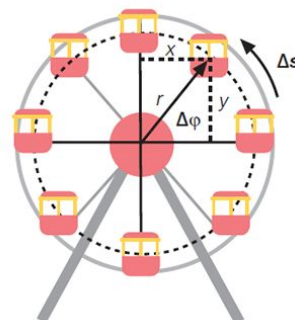
### 6.1 Posició, desplaçament angular i longitud d'arc

El desplaçament d'un mòbil sobre una circumferència es pot indicar per mitjà del **desplaçament angular o angle recorregut  $\Delta\phi$  o del desplaçament lineal o longitud d'arc  $\Delta s$** .

#### Observeu i deduiu

Una roda de fira està girant. Si us fixeu en una de les cabines, la seva posició es pot indicar amb les coordenades  $x$  i  $y$ .

- a-Justifiqueu que per indicar la posició de la cabina també es pot utilitzar el radi  $r$  i l'angle  $\phi$ .
- b-En quines unitats del SI es mesura la longitud d'arc?
- c-Utilitzant el concepte de desplaçament angular, expliqueu com es pot saber que la cabina està girant.



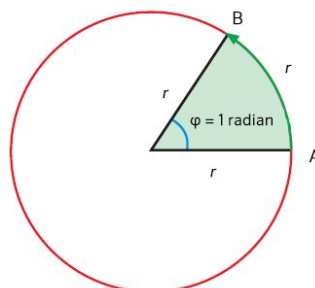
#### Apliqueu una definició i deduiu

En el SI, els angles es mesuren en una unitat anomenada radian (rad). Un radian és l'angle que cal recórrer perquè la longitud d'arc sigui igual al radi, és a dir, que un radian equival a la longitud d'un radi.

a-Completeu la taula següent:

$\Delta s$ (m)	$r$	$2r$	$3r$	$4r$
$\Delta\phi$ (rad)				

b-Justifiqueu a partir de la taula que  $\Delta s = \Delta\phi \cdot r$



#### Activitats

**35-**La longitud d'una circumferència és  $L = 2\pi r$  on  $r$  és el radi de la circumferència. Justifica el factor de conversió següent:  $360^\circ = 2\pi$  rad.

**36-**Fes els següents canvis d'unitats de graus a radians:  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ .

37-Fes els següents canvis d'unitats de radians a graus:  $\pi$ ,  $3\pi/4$ ,  $7\pi/3$ ;  $2\pi/3$ ;  $5\pi$ .

## 6.2 Velocitat angular i velocitat lineal

La **velocitat angular** ( $\omega$ ) és l'angle que el mòbil recorre per unitat de temps. En un MCU també el desplaçament es pot mesurar utilitzant la longitud d'arc, llavors parlem de **velocitat lineal**, que és l'espai recorregut per unitat de temps.

### Deduïu

Per analogia amb el moviment rectilini, la **velocitat angular mitjana** es defineix com:

$$\omega_m = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi - \varphi_0}{t - t_0}$$

En el cas que el moviment sigui circular uniforme (MCU), aquesta velocitat angular és constant, de manera que  $\omega_m = \omega$ , en què  $\omega$  és la **velocitat angular instantània**. Quines són les unitats de la velocitat angular? Raoneu la resposta.

### Construïu un gràfic i deduïu

En estudiar el moviment d'un mòbil que descriu una trajectòria circular s'obtenen les dades següents:

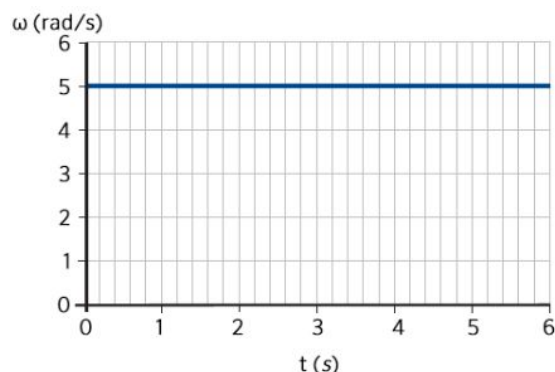
Temps (s)	0	1	2	3	4	5	6
$\varphi$ (rad)	0	10	20	30	40	50	60

- Representeu en un gràfic, l'angle (eix d'ordenades) en funció del temps (eix d'abscisses).
- Quina és la velocitat angular mitjana entre els instants  $t = 3$  s i  $t = 2$  s? I entre els instants  $t = 5$  i  $t = 3$  s?
- Justifiqueu que el moviment representat al gràfic correspon a un MCU.
- A partir de l'equació que permet calcular la velocitat angular, deduïu l'equació de la posició per a un MCU,  $\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot (t - t_0)$

### Analitzeu i deduïu

En el gràfic següent s'ha representat la velocitat angular d'un mòbil que descriu una trajectòria circular en funció del temps.

- Quina és la velocitat angular als 2 s? I als 4 s? I als 6 s?
- Quin desplaçament angular ha fet en els 5 primers segons?



## Deduïu una fórmula

La velocitat lineal ve donada per l'equació:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

a-Aquesta velocitat lineal és constant en un moviment circular uniforme? Raoneu la resposta.

b-Justifiqueu els passos que se segueixen per arribar a l'expressió que relaciona la velocitat.

$$s = \varphi \cdot r \Rightarrow \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \cdot r \Rightarrow v = \omega \cdot r$$

lineal amb la velocitat angular:

## 6.3 Període i freqüència

El **període, T**, és el temps que tarda el mòbil a fer una volta.

La **freqüència, f**, és el nombre de voltes que fa el mòbil en un segon.

### Deduïu i feu una cerca

A partir de la informació següent deduiu una expressió matemàtica per calcular el període i la freqüència d'un mòbil que té un MCU.

Una roda de fira fa dues voltes en un minut.

a-En quines unitats del SI es mesura el període? I la freqüència?

b-Quin és el valor del període i la freqüència de la roda de fira?

### Deduïu una equació

Justifiqueu els passos que se segueixen per arribar a l'equació que relaciona la velocitat angular d'un MCU amb el període:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{T} = 2\pi f$$

## Activitats

**38**-Un cos gira seguint un MCU amb una freqüència de 200 Hz.

- Quin és el seu període?
- Quina és la velocitat angular d'aquest cos?
- Quin angle, en radians, descriurà en 20 s?

**39**-Es fa girar un objecte lligat a una corda amb una velocitat de 2 rad/s. Si la longitud de la corda és de 0,75 m, calcula:

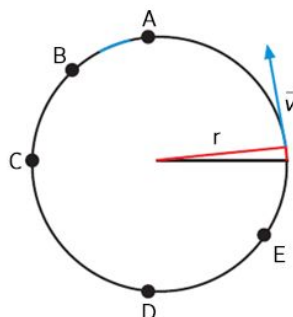
- La velocitat lineal de l'objecte.
- L'angle recorregut per l'objecte en 1 minut.
- El nombre de voltes que ha fer l'objecte.

**40**-La Lluna gira al voltant de la Terra amb una trajectòria que es pot considerar circular. Sabent que la distància entre els dos astres és de 384.400 km i que el període del seu moviment és de 27,3 dies, calcula la velocitat angular i la velocitat lineal de la Lluna.

## 6.4 L'acceleració i la força centrípeta

L'acceleració present en un MCU s'anomena **acceleració centrípeta** o **acceleració normal**. Aquesta acceleració és un vector dirigit cap al centre i es calcula amb l'equació següent:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$



En què  $r$  és el radi de la trajectòria i  $v$  la velocitat lineal.

### Interpreteu i dibuixeu

En un interval de temps  $\Delta t$  molt petit, un mòbil que descriu un MCU ha recorregut un arc  $\Delta s$  molt petit que fa que es pugui considerar que en aquest interval de temps el mòbil ha seguit un MRU. Això fa que el vector velocitat lineal sigui tangent a la circumferència.

**a-**Justifiqueu que en un MCU, el mòdul del vector velocitat és sempre igual.

**b-**Dibuixeu el vector velocitat lineal en els diferents punts A, B, C, D i E.

**c-**Justifiqueu per què en un MCU hi ha acceleració.

### Deduïu una equació

Justifiqueu els passos que cal seguir per escriure l'equació que permet calcular **la força centrípeta** o **força normal**:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

### Activitats

**41-**Un cotxe de 1.150 kg de massa agafa un revolt de 60 m de radi a 75 km/h. Quant val la força centrípeta?

**42-**Una roda de fira de 40 m de diàmetre gira seguint un MCU amb un període de 60 s.

- Quina és la velocitat lineal de les persones que hi ha a la roda?
- Estan accelerant? Si ho fan, amb quina acceleració?

**43-**Es fa girar un objecte de 200 g amb ajuda d'una corda de 90 cm de longitud sobre la superfície d'una taula. Si l'objecte fa dues voltes en un segon i se suposa que no hi ha fregament, quina és la tensió de la corda?

**44-**Una rentadora centrifuga la roba amb una velocitat angular de 900 rpm. Si el radi del cilindre és de 30 cm:

- Quina és la velocitat lineal d'una peça de roba?
- Si la peça de roba té una massa de 200 g, quina és la força centrípeta que actua sobre ella?

**45-**En agafar un cotxe de 700 kg un revolt de 60 m de radi, sobre les rodes del vehicle actua una força de fregament dirigida cap al centre del revolt. Si el coeficient de fregament estàtic entre les rodes i el terra és de 0,8:

- a. Quant val la força de fregament?
- b. A quina velocitat màxima pot agafar el revolt?
- c. Què passarà si l'agafa a més velocitat?