

Física i Química

Ciències de la Naturalesa

4 ESO

BLOC I: LES FORCES I ELS MOVIMENTS



edebé

1

Moviment

CONTINGUTS

1. Què és el moviment?

- 1.1. Moviment i repòs
- 1.2. Posició i trajectòria
- 1.3. Desplaçament i distància recorreguda

2. La rapidesa en el canvi de posició

- 2.1. Velocitat mitjana i velocitat instantània
- 2.2. Moviment rectilini uniforme

3. Canvis de velocitat

- 3.1. Acceleració
- 3.2. Moviment rectilini uniformement accelerat
- 3.3. Moviment circular uniforme





En els mundials d'atletisme del 2009, el jamaicà Usain Bolt va establir un nou rècord mundial en córrer els 100 m llisos en 9,58 segons. També va fixar una nova millor marca per als 200 m llisos, en córrer-los en 19,19 segons. Pots calcular a quina velocitat mitjana va córrer en les dues proves?

En els 100 m llisos, els atletes parteixen del repòs i acceleren de manera que la seva velocitat augmenta linealment durant els tres primers segons fins a aconseguir una velocitat màxima, que solen mantenir constant fins a finalitzar la carrera. Creus que aquesta velocitat màxima coincideix amb la velocitat mitjana?

COMPETÈNCIES BÀSIQUES

Competència en el coneixement i la interacció amb el món físic

- Utilitzar els conceptes bàsics de la física per a descriure el moviment dels cossos.
- Guardar les normes de prevenció i seguretat viària.

Competència matemàtica

- Comprendre i interpretar dades i informacions de la vida quotidiana que contenen elements matemàtics per entendre-la i prendre una posició o decisions sobre aquesta qüestió.

Competència en el tractament de la informació i competència digital

- Accedir a la informació en els seus diferents suports per aprendre a trobar la que necessita i créixer en autonomia.

Competència social i ciutadana

- Regular el procés personal i de grup per progressar personalment.

Competència en comunicació lingüística

- Redactar textos de tipologia diversa per comunicar el missatge de la manera més apropiada.

PREPARACIÓ DE LA UNITAT

- Esbrina quines són les unitats de mesura en l'SI (Sistema Internacional) d'aquestes magnituds: longitud, temps, velocitat, acceleració i angle.
- Mitjançant factors de conversió, expressa en unitats de l'SI: 4 h; 7 h 23 min 5 s; 120 km/h; 23 cm/min; 60°.
- Expressa en notació científica i amb tres xifres significatives les següents magnituds, arrodonint en cas necessari: 38 524 g; 125,03 m²; 0,000080211 m; 69 022 kg/m³; 12,345 m/s.
- Dibuixa uns eixos cartesianes i assenyala-hi els punts (−1, 4), (2, 3) i (3, −2).
- Sigui la funció $y = 4x + 9$:
 - Calcula el valor de l'ordenada per a $x = -3$ i el valor de l'abscissa per a $y = 11$.
 - Representa la gràfica de la funció entre $x = -10$ i $x = 10$.
- Busca el significat de *cinemàtica* i defineix aquest concepte amb les teves paraules.
- Si es manté la distància mínima que els vehicles han de mantenir amb els que tenen davant s'eviten accidents en cas d'haver de frenar inesperadament. Raoneu en grup per què el valor de la distància de seguretat es duplica si la calçada és molla.

1. Què és el moviment?

FIXA-T'HI

L'estudi del moviment s'utilitza en molts camps de la ciència i la tecnologia. Així, per exemple, en astronomia, meteorologia, balística, en la recreació dels accidents de trànsit, en l'estudi dels desbordaments de rius, en biomecànica, en l'enginyeria mecànica i en les indústries aeronàutica i aeroespacial, s'apliquen equacions del moviment.

Sovint parlem d'un tren d'alta velocitat o d'un cotxe que està aturat. Vegem què és el moviment i com es descriu.

1.1. Moviment i repòs

Un espectador que és al marge de la carretera i veu passar un grup de ciclistes d'una cursa assegurarà que estan en moviment. Però, què dirà un ciclista sobre un dels companys que és al seu costat? Segurament afirmarà que el company no es mou del seu costat.

Per a descriure un moviment hem d'agafar com a referència altres cossos que considerem fixos. Aquests cossos constitueixen un sistema de referència.

Anomenem **sistema de referència** el punt o el conjunt de punts de l'espai respecte del qual es descriu el moviment d'un cos.

Així, el ciclista canvia la posició respecte de l'espectador, però no la canvia pel que fa al company.

Un cos està en **moviment** si canvia de posició respecte del sistema de referència; en cas contrari, diem que està en **repòs**.

Els cossos capaços de desplaçar-se reben el nom de **mòbils**.

La relativitat del moviment

Fixa't que el moviment és relatiu, ja que l'estat de moviment o repòs d'un cos depèn del sistema de referència escollit.

Un observador situat a terra observa que la posició del cartell respecte d'ell no canvia.

El cartell està en repòs respecte d'un sistema de referència situat a l'estació.



Un passatger del tren observa que el cartell es mou.

El cartell està en moviment respecte d'un sistema de referència situat al tren.

1. En Joan és a una parada d'autobús. El vehicle núm. 4 passa sense aturar-se a una velocitat de 40 km/h.
 - a) Si situem el sistema de referència on és en Joan, l'autobús núm. 4 està en repòs o en moviment?
 - b) Si dins de l'autobús núm. 4 hi ha la Maria i situem el sistema de referència en el vehicle, la Maria veurà que en Joan està en repòs o en moviment?
2. Per una carretera circulen un cotxe i una moto en sentits contraris.
 - a) Segons el conductor de la moto, el cotxe està en moviment o en repòs? I la moto?
 - b) Segons el conductor del cotxe, la moto està en moviment o en repòs? I el cotxe?
 - c) Segons el conductor del cotxe, els arbres situats al costat de la carretera estan en repòs o en moviment? Què veu moure's a més velocitat respecte d'ell: els arbres o la moto?

1.2. Posició i trajectòria

Per tal de poder descriure el moviment d'un cos, necessitem saber la *posició* que ocupa a cada moment.

La **posició** d'un mòbil en un instant determinat és el punt de l'espai que ocupa en aquest instant.

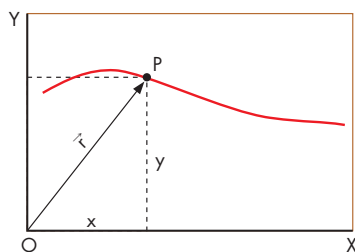
Com a sistema de referència utilitzarem un **sistema de coordenades** i la posició del mòbil ens la determinarà el seu **vector posició**.

Sistema de coordenades



Quan el mòbil es mou en línia recta, triem com a sistema de referència un eix de coordenades que coincideixi amb la recta sobre la qual es mou.

La posició, P, en un instant determinat es fixa mitjançant el vector posició $\vec{r}$, que uneix l'origen O amb el punt P.



Si el mòbil es mou sobre un pla, podem triar com a sistema de referència dos eixos de coordenades.

Així mateix, la posició, P, en un instant determinat es fixarà mitjançant el vector posició $\vec{r}$, que uneix l'origen O amb el punt P.

Si un mòbil està en repòs respecte del sistema de referència que hem triat, la seva posició no canvia amb el temps. Però si està en moviment, la seva posició anirà canviant.

Anomenem **trajectòria** la línia formada pels successius punts que ocupa un mòbil en el seu moviment.

Podem classificar els moviments segons la forma geomètrica de la trajectòria.

- Moviment **rectilini**. Com el moviment d'un ascensor.
- Moviment **curvilini**. Per exemple:
 - **Circular**. Com el gir d'un disc DVD.
 - **El·líptic**. Com el moviment dels planetes al voltant del Sol.
 - **Parabòlic**. Com el que efectua un cos que cau a terra després de ser llançat obliquament.

- Un mòbil es troba en el punt (2 m, 4 m) en un instant determinat. Després de 3 s, es troba en el punt (6 m, 1 m).
 - Dibuixa aquestes dues posicions i els vectors posició corresponents en un sistema de coordenades.

- Digues quin tipus de moviment, segons la seva trajectòria, realitzen els cossos següents: a) un nedador de 50 m crol; b) una pilota de bàsquet en un llançament de tir lliure; c) la roda d'un camió en marxa; d) un muntacàrregues; e) una porta que s'obre; f) un esquiador en baixar per una pista.

RECORDA

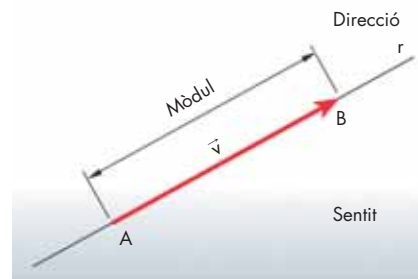
Un **vector** és un segment orientat.

Els elements d'un vector són:

Mòdul: és la longitud del vector. Coincideix amb el valor numèric de la magnitud que representa i es representa per $|\vec{v}|$ o per v .

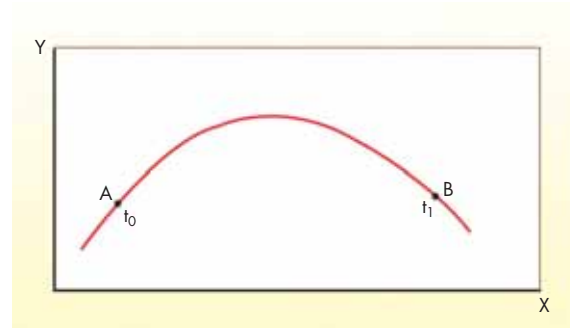
Direcció: és la de la recta r que conté el vector.

Sentit: és el determinat sobre la recta r en anar des de l'origen A fins a l'extrem B. S'indica mitjançant la fletxa del vector.



1.3. Desplaçament i distància recorreguda

Considerem un cos que es mou des d'un punt A a un punt B seguint la trajectòria que es mostra en la figura.



Podem mesurar la variació de la posició del mòbil entre els instants t_0 i t_1 utilitzant dues noves magnituds: *el vector desplaçament i la distància recorreguda sobre la trajectòria*.

El **vector desplaçament** entre dos punts de la trajectòria és el vector que uneix tots dos punts.

El vector desplaçament es representa mitjançant $\Delta \vec{r}$.

El mòdul del vector desplaçament s'acostuma a anomenar *desplaçament* i es representa per $|\Delta \vec{r}|$ o per Δr .

La **distància recorreguda** en un interval de temps és la longitud, mesurada sobre la trajectòria, que existeix entre les posicions inicial i final.

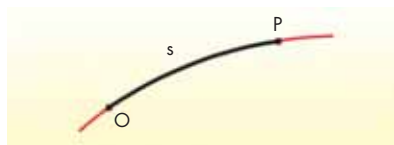
La distància recorreguda mesurada sobre la trajectòria es representa mitjançant Δs .

Observa que, tret del cas de moviments rectilinis, la distància mesurada sobre la trajectòria serà sempre més gran que el desplaçament.

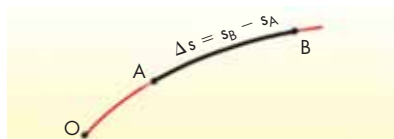
FIXA-T'HI

Una altra manera de determinar la posició d'un mòbil és mitjançant una longitud mesurada sobre la trajectòria.

- Per tal de determinar la posició del punt P, triem un punt arbitrari O i donem la longitud, s , mesurada sobre la trajectòria des del punt O fins al punt P.

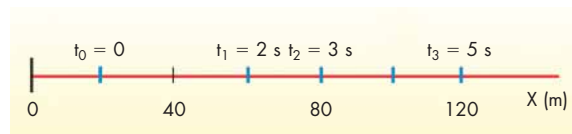


- La longitud mesurada sobre la trajectòria entre els punts A i B correspondrà a $\Delta s = s_B - s_A$.



EXEMPLE 1

En el gràfic pots observar les posicions d'un motorista en una carretera recta en diferents moments. Calcula la distància recorreguda en els dos primers segons i en els tres segons següents.



Com que es tracta d'un moviment rectilini en què no hi ha canvi de sentit, la distància recorreguda sobre la trajectòria coincideix amb la diferència de les coordenades.

$$\Delta s = s - s_0 = x - x_0 = \Delta x$$

La distància recorreguda entre els instants $t_0 = 0$ i $t_1 = 2$ s és:

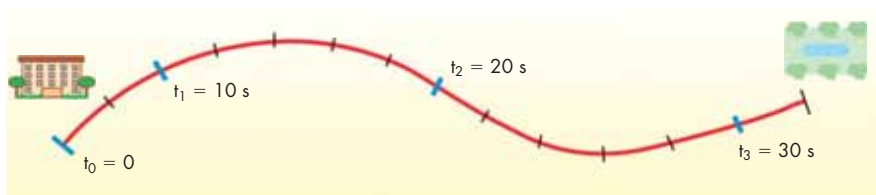
$$\Delta s = \Delta x = x_1 - x_0 = 60 \text{ m} - 20 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

La distància recorreguda entre els instants $t_1 = 2$ s i $t_3 = 5$ s és:

$$\Delta s = \Delta x = x_3 - x_1 = 120 \text{ m} - 60 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

EXEMPLE 2

La imatge següent representa la ruta d'un turista des del seu hostel fins a un parc. La separació entre dues divisions sobre la trajectòria correspon a una longitud de 5 m i s'indica el temps d'algunes posicions.



Dibuixa el vector desplaçament i calcula la distància que recorre el turista entre els instants:

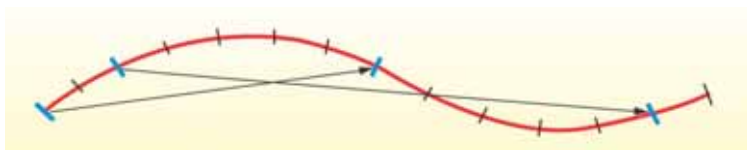
a) $t_0 = 0$ i $t_2 = 20$ s

b) $t_1 = 10$ i $t_3 = 30$ s

— Organitzem les dades de la imatge en una taula.

Temps (s)	$t_0 = 0$	$t_1 = 10$	$t_2 = 20$	$t_3 = 30$
Distància des de l'origen (m)	$s_0 = 0$	$s_1 = 10$	$s_2 = 35$	$s_3 = 60$

— Dibuixem vectors desplaçament entre els instants indicats.



— Les distàncies recorregudes les trobem restant les longituds des de l'hostal.

a) $\Delta s = s_2 - s_0 = (35 - 0) \text{ m} = 35 \text{ m}$

b) $\Delta s = s_3 - s_1 = (60 - 10) \text{ m} = 50 \text{ m}$

5. Explica quina diferència hi ha entre *desplaçament* i *distància recorreguda*.

— Raona si en algun cas el mòdul del vector desplaçament pot ser més gran que la distància recorreguda.

6. En Joan fa una volta completa amb bicicleta a una pista circular de 10 m de radi.

— Quant val el desplaçament?

— Quina distància mesurada sobre la trajectòria ha recorregut?

7. En començar un passeig, la Natàlia recorre 20 m en els primers 10 s. En els 20 s següents, recorre 45 m més.

— Representa aquestes dades en un sistema de referència considerant temps zero quan la Natàlia comença el passeig.

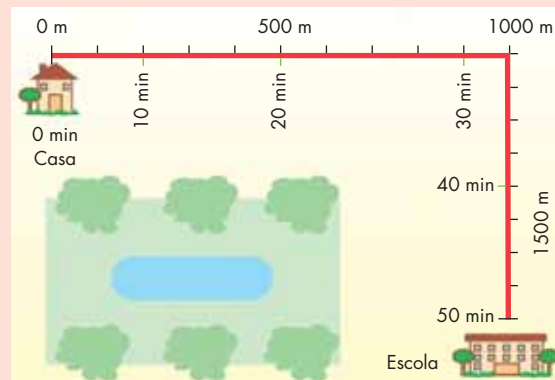
— Quina distància ha recorregut en els 30 s?

Sol.: 65 m

8. El dibuix representa la trajectòria que segueix un alumne per a anar de casa a l'escola.

— Confecciona una taula de dades: en una columna, escriu els temps i, en l'altra, les posicions.

— Calcula les distàncies recorregudes entre 0 min i 20 min, i entre 20 min i 40 min. Són iguals les distàncies en tots dos casos?



Sol.: 500 m; 900 m

2. La rapidesa en el canvi de posició

En l'estudi del moviment d'un cos hem de conèixer el significat del terme *rapidesa* o *velocitat*. És a dir, la major o menor distància recorreguda per un mòbil per unitat de temps.

La **velocitat** és la rapidesa amb què un mòbil canvia de posició.

Es calcula dividint la distància recorreguda, Δs , entre el temps emprat per a recórrer-la, Δt . La magnitud Δt també s'anomena interval de temps.

En el Sistema Internacional d'unitats, la unitat adoptada per a mesurar la velocitat és el **metre per segon (m/s)**. Una altra unitat de velocitat molt utilitzada és el quilòmetre per hora (km/h).

EXEMPLE 3

Una au migratòria recorre les següents distàncies en el seu viatge:

Tram	Posició (km)	Temps (h)	Distància recorreguda Δs (km)	Temps emprat Δt (h)	Velocitat $\Delta s / \Delta t$ (km/h)
1	$s_1 = 18$	$t_1 = 0,5$	$s_1 - s_0 = 18$	$t_1 - t_0 = 0,5$	$18 / 0,5 = 36$
2	$s_2 = 63$	$t_2 = 1,5$	$s_2 - s_1 = 45$	$t_2 - t_1 = 1,0$	$45 / 1 = 45$
3	$s_3 = 123$	$t_3 = 2,5$	$s_3 - s_2 = 60$	$t_3 - t_2 = 1,0$	$60 / 1 = 60$
4	$s_4 = 144$	$t_4 = 3,0$	$s_4 - s_3 = 21$	$t_4 - t_3 = 0,5$	$21 / 0,5 = 42$

A la vista d'aquests quocients, podem afirmar que l'au ha volat amb més rapidesa en el tercer tram, en el qual el quocient $\Delta s / \Delta t$ ha estat més gran.

FIXA-T'HI

La velocitat és una magnitud vectorial i es representa mitjançant un vector caracteritzat per:

- El **mòdul** o valor numèric de la velocitat, anomenat també rapidesa.
- La **direcció**, o sigui, la recta que conté el vector velocitat.
- El **sentit**, indicat per la punta de la fletxa del vector.



2.1. Velocitat mitjana i velocitat instantània

En l'exemple anterior hem vist com l'au migratòria es mou a diferents velocitats en els diferents trams de la seva trajectòria.

És a dir, el quocient $\Delta s / \Delta t$ pren valors diferents segons els trams del recorregut. Cadascun d'aquests valors representa una mitjana de com circula de ràpid el mòbil en un tram concret, anomenada *velocitat mitjana*.

La **velocitat mitjana** és el quocient entre la distància recorreguda pel mòbil i el temps emprat per a recórrer-la.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0} \quad \begin{array}{ll} s = \text{posició} & t = \text{temps} \\ s_0 = \text{posició inicial} & t_0 = \text{temps inicial} \end{array}$$

Si l'interval de temps, Δt , utilitzat per a trobar la velocitat mitjana que prenem és molt més curt, com, per exemple, una mil·lèsima de segon, la velocitat mitjana en aquest interval es converteix en *velocitat instantània*.

Aquesta és la velocitat que marca contínuament el velocímetre del cotxe.

Anomenem **velocitat instantània** la velocitat que té el mòbil en un instant determinat.

EXEMPLE 4

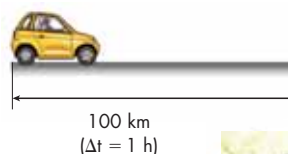
Una família va de viatge amb cotxe. Recorren els primers 100 km en un temps d'1 h. Transcorregut aquest temps, s'aturen durant 0,5 h per descansar i tot seguit reprenen la marxa i trigen 0,5 h a cobrir els últims 60 km que encara queden per arribar a la seva destinació.

Al final del seu viatge volen saber a quina velocitat s'han desplaçat. Per això realitzen el següent càlcul:

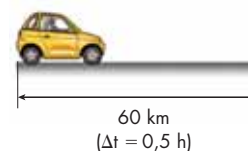
$$v_m = \frac{\text{Distància recorreguda}}{\text{Temps emprat}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v_m = \frac{100 \text{ km} + 60 \text{ km}}{1 \text{ h} + 0,5 \text{ h} + 0,5 \text{ h}} = \frac{160 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

El valor obtingut representa la velocitat mitjana del cotxe en el viatge. Això no significa que el cotxe hagi circulat a aquesta velocitat durant tot el recorregut, ja que en algunes ocasions ho ha fet a més velocitat, en altres a menys velocitat i durant algun temps ha estat aturat.



($\Delta t = 0,5 \text{ h}$)



EXEMPLE 5

Un tren surt del punt quilomètric 0 a les 0.00 h i, després de recórrer 49 km en un temps de 0,5 h, s'avaria, per la qual cosa s'ha d'aturar. Els empleats de manteniment reparen l'avaria a la 1.00 h. En aquest moment, el tren reprèn la marxa i arriba a les 2.30 h a l'estació de destinació, situada al punt quilomètric 205. Calcula la velocitat mitjana del tren abans i després de l'avaria. Expressa el resultat en km/h i en m/s.

— Dades:



$x_0 = 0$
($t_0 = 0$)

$x_1 = 49 \text{ km}$
($t_1 = 0,5 \text{ h}$)

$x_2 = 49 \text{ km}$
($t_2 = 1 \text{ h}$)

$x_3 = 205 \text{ km}$
($t_3 = 2,5 \text{ h}$)

Com que es tracta d'un moviment rectilini en el qual el mòbil no canvia el sentit de la marxa, $\Delta s = \Delta x$.

— Trobem la velocitat mitjana abans de l'avaria.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{(49 - 0) \text{ km}}{(0,5 - 0) \text{ h}} = 98 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$98 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

— Trobem la velocitat mitjana després de l'avaria.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2} = \frac{(205 - 49) \text{ km}}{(2,5 - 1) \text{ h}} = 104 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$104 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 28,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

9. En una carrera participen tres cotxes. El número 1 recorre 5 km en 5 min, el número 2 recorre 8 km en 6 min i el número 3 recorre 2 km en 45 s.

— Expressa les velocitats en m/s i indica quin d'ells arribarà primer a la meta.

Sol.: 16,7 m/s; 22,2 m/s; 44,4 m/s

10. Busca el significat d'instant i defineix-lo.

11. Un automòbil surt de la ciutat A a les 16.00 h i arriba a la ciutat B, on s'atura, a les 17.45 h. A les 18.45 h, l'automòbil continua la marxa i arriba a la ciutat C a les 20.15 h.

— Si A i B es troben a 189 km de distància, i B i C a 135 km, calcula la velocitat mitjana: a) en el viatge d'A a B; b) en el de B a C; c) en tot el recorregut. Expressa el resultat en unitats de l'SI.

Sol.: a) 30 m/s; b) 25 m/s; c) 21,2 m/s

2.2. Moviment rectilini uniforme

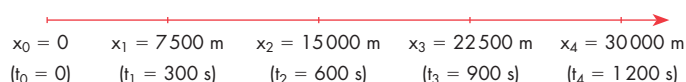
D'entre tots els tipus de moviments possibles destaca per la seva importància i senzillesa el *moviment rectilini uniforme*, abreujadament *MRU*.

La trajectòria d'un MRU és una **línia recta** i la **velocitat és constant**.

EXEMPLE 6

En la taula següent es representa la posició en diferents instants d'un cotxe que es mou amb una velocitat constant de 90 km/h (25 m/s) per una autopista rectilínia.

Posició (m)	0	7 500	15 000	22 500	30 000
Temps (s)	0	300	600	900	1 200



Podem comprovar que la velocitat mitjana és la mateixa per a qualsevol interval de temps. Per exemple:



De $t_1 = 300$ s a $t_3 = 900$ s:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} = \frac{22\,500 \text{ m} - 7\,500 \text{ m}}{900 \text{ s} - 300 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De $t_3 = 900$ s a $t_4 = 1200$ s:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_4 - x_3}{t_4 - t_3} = \frac{30\,000 \text{ m} - 22\,500 \text{ m}}{1\,200 \text{ s} - 900 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

FIXA-T'HI

El **moviment rectilini uniforme** és el moviment en què el **vector velocitat** es manté **constant**. És a dir, la velocitat és constant en mòdul, direcció i sentit.

En un moviment rectilini uniforme la velocitat mitjana en qualsevol interval de temps és sempre la mateixa i, a més, coincideix amb la velocitat instantània per a qualsevol temps.

Com que la velocitat és constant, un objecte amb MRU sempre trigarà el mateix temps a recórrer una distància determinada.

Un mòbil es desplaça amb **moviment rectilini uniforme (MRU)** si segueix una trajectòria rectilínia i la seva velocitat és constant en tot moment.

Equació de l'MRU

Com que la velocitat mitjana coincideix amb la velocitat instantània en qualsevol instant i es manté constant:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t$$

Aquesta equació ens permet saber la distància recorreguda. A partir d'aquesta equació podem deduir l'equació de la posició en funció del temps.

$$x - x_0 = v(t - t_0)$$

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

Aquesta expressió constitueix l'**equació del moviment rectilini uniforme** i ens permet saber la posició que ocupa el mòbil en qualsevol instant.

Si comencem a comptar el temps quan el mòbil es troba en la posició x_0 , és a dir, $t_0 = 0$, tenim que:

$$x = x_0 + v \cdot t$$

EXEMPLE 7

Un cérvol pot assolir una velocitat de 80 km/h. Si manté constant aquesta velocitat durant el temps suficient, calcula: a) quina distància recorre en 10 s; b) quan temps trigarà a recórrer 1 km.

— Dades:

$$v = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_0 = 0 \quad x_0 = 0 \quad t_1 = 10 \text{ s} \quad x_2 = 1000 \text{ m}$$

- a) La distància recorreguda en 10 s coincidirà amb la posició en aquest instant, ja que hem triat com a condicions inicials $t_0 = 0$, $x_0 = 0$.

$$x_1 = x_0 + v \cdot (t_1 - t_0) = v \cdot t_1$$

$$x_1 = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 222,2 \text{ m}$$

- b) Aïllem el temps de l'equació de l'MRU.

$$x_2 = x_0 + v \cdot (t_2 - t_0) = v \cdot t_2$$

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{1000 \text{ m}}{22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 45 \text{ s}$$

L'MRU estalvia combustible

El consum mínim en un automòbil s'aconsegueix circulant a una velocitat constant, l'anomenada **velocitat de creuer**, ja que accelerar i frenar suposa un augment del consum.

A més, en un automòbil, el consum de combustible augmenta amb la velocitat i es dispara a valors superiors a 90 km/h. Per aquesta raó, en les proximitats de les grans ciutats la velocitat màxima es restringeix a 80 km/h. Aquesta mesura, que s'aplica sobretot quan hi ha anticiplons persistents, pretén baixar la contaminació.



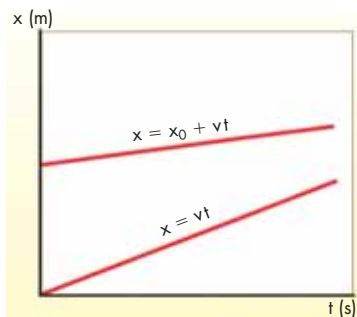
Gràfiques de l'MRU

És molt útil representar gràficament el moviment d'un cos per tal de visualitzar amb claredat les característiques d'aquest moviment.

Gràfica posició-temps (x-t)

En l'eix d'abscisses representem els temps i, en el d'ordenades, les posicions del mòbil.

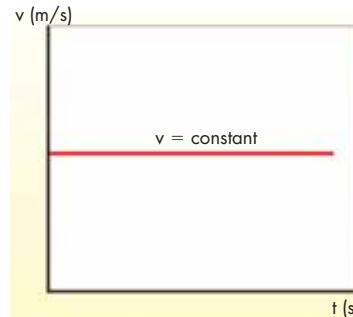
La gràfica correspon a una **recta d'inclinació v**, i en el cas que $t_0 = 0$, **ordenada en l'origen x_0** .



Gràfica velocitat-temps (v-t)

En l'eix d'abscisses representem els temps i, en el d'ordenades, la velocitat del mòbil.

La gràfica correspon a una **recta horitzontal (inclinació zero)** i **ordenada en l'origen v**.



12. Posa un exemple de moviment rectilini uniforme i explica quina característica té la velocitat en aquest tipus de moviment.

13. En Pere va a l'escola a peu des de casa. La distància que ha de recórrer és de 410 m. Si triga 6 min 24 s a arribar-hi, quina és la velocitat d'en Pere?

Sol.: 1,1 m/s

14. Un ciclista es troba al quilòmetre 25 d'una etapa de 115 km. Quant temps trigarà a arribar a la meta si pedaleja a una velocitat de 60 km/h?

Sol.: 1,5 h = 1 h 30 min

15. Si els animals tinguessin els seus propis jocs olímpics, segons aquestes dades, quin obtindria la medalla d'or en una cursa de 200 metres llisos?

Peresós	0,2 km/h
Caragol	50 m/h
Tortuga	70 m/h

16. Una au vola a una velocitat constant de 15 m/s.

- a) Construeix una taula que reculli les posicions de l'au cada 5 s durant un vol de 30 s.
b) Dibuixa la gràfica posició-temps de l'au a partir dels valors registrats en la taula.

FIXA-T'HI

- En qualsevol moviment amb trajectòria curvilínia, la **velocitat** canvia de direcció, ja que aquesta velocitat és tangent a la trajectòria.



- L'**acceleració** és una magnitud vectorial, igual que el desplaçament o la velocitat. Per tant, es caracteritza per tres elements: *mòdul, direcció i sentit*.

3. Canvis de velocitat

Si analitzem el moviment d'un gimnasta fent un salt de cavall, podem observar que la seva velocitat va canviant:

- Quan el gimnasta comença a córrer, el mòdul de la velocitat augmenta.
- Quan salta, la direcció de la velocitat canvia.
- Quan el gimnasta pren terra, el mòdul de la velocitat disminueix.

Sempre que hi ha un canvi en la velocitat es produeix una **acceleració**.

3.1. Acceleració

La rapidesa amb què es produeix el canvi de velocitat pot ser més gran o més petita. Pensem, per exemple, en un cotxe que surt d'un semàfor molt de pressa i en un altre que ho fa a poc a poc.

Així com la velocitat ens expressa la rapidesa en el canvi de posició, la magnitud que ens expressa la rapidesa en el canvi de velocitat s'anomena **acceleració**.

L'**acceleració** d'un mòbil representa la rapidesa amb què canvia la velocitat.

Per a calcular l'acceleració d'un mòbil, dividim la variació de velocitat per l'interval de temps:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

v = velocitat

t = temps

v_0 = velocitat inicial

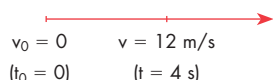
t_0 = temps inicial

La unitat d'acceleració en el Sistema Internacional és el **metre per segon al quadrat (m/s^2)**. Una acceleració d' $1 m/s^2$ indica que el mòbil varia la seva velocitat en un metre per segon cada segon.

EXEMPLE 8

Un motorista que parteix del repòs adquireix una velocitat de $12 m/s$ en $4 s$. Més tard, frena en un semàfor en vermell i s'atura en $3 s$. Calcula l'acceleració: a) En posar-se en marxa; b) En aturar-se.

- a) Calculem l'acceleració.

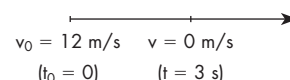


$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(12 - 0) m/s}{(4 - 0) s} = 3 \frac{m}{s^2}$$

En posar-se en marxa, l'acceleració és $+3 m/s^2$.

Si prenem com a positiu el sentit amb què avança la moto, el signe positiu de l'acceleració indica que el seu sentit és el mateix que el de la velocitat. Per tant, la velocitat augmenta.

- b) Calculem l'acceleració de frenada del motorista.



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(0 - 12) m/s}{(3 - 0) s} = -4 \frac{m}{s^2}$$

En aturar-se, l'acceleració és $-4 m/s^2$.

Si prenem com a positiu el sentit amb què avança la moto, el signe negatiu de l'acceleració indica que el seu sentit és el contrari que el de la velocitat. Per tant, la velocitat disminueix.

- De què ens informa la magnitud acceleració? En quines unitats es mesura?
- Un cotxe fa un revolt i el comptakilòmetres marca $50 km/h$ en tot moment. Podem afirmar que l'acceleració del cotxe ha estat nul·la?

- Un cotxe que parteix del repòs assoleix una velocitat de $180 km/h$ en $8 s$. Calcula'n l'acceleració en m/s^2 .

Sol.: $6,25 m/s^2$

- Un cotxe circula a una velocitat de $60 km/h$. De sobte, frena i s'atura en $2,3 s$. Calcula'n l'acceleració.

Sol.: $-7,26 m/s^2$

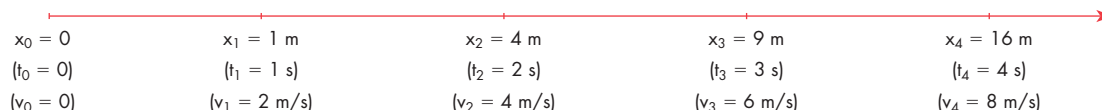
3.2. Moviment rectilini uniformement accelerat

D'entre tots els moviments en què canvia la velocitat, o moviments accelerats, tenen un interès especial aquells en què la velocitat canvia amb regularitat. Són els moviments uniformement accelerats.

EXEMPLE 9

Un motorista efectua un moviment rectilini uniformement accelerat en els primers instants d'una cursa. Descriu una trajectòria rectilínia i la seva velocitat augmenta regularment.

Temps (s)	0	1	2	3	4
Posició (m)	0	1	4	9	16
Velocitat (m/s)	0	2	4	6	8



Podem comprovar que l'acceleració és la mateixa per a qualsevol interval de temps. Per exemple:

De $t_0 = 0$ a $t_2 = 2 \text{ s}$:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_0}{t_2 - t_0} = \frac{4 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

De $t_3 = 3 \text{ s}$ a $t_4 = 4 \text{ s}$:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3} = \frac{8 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s}}{4 \text{ s} - 3 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Un mòbil es desplaça amb un **moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA)** si segueix una trajectòria rectilínia i l'acceleració és constant i no nul·la.

Equacions de l'MRUA

Per a poder efectuar càlculs amb MRUA, cal conèixer les relacions matemàtiques que existeixen entre les magnituds velocitat-temps i posició-temps.

Equació velocitat-temps

Partim de la definició d'acceleració: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow v - v_0 = a \cdot t$$

Si comencem a comptar el temps quan el mòbil té una velocitat inicial v_0 , és a dir, si $t_0 = 0$, ens resulta:

D'on deduïm l'equació:

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

que ens permet calcular la velocitat en qualsevol instant t .

Equació posició-temps

Partim de l'expressió de la velocitat mitjana.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Si comencem a comptar el temps quan el mòbil es troba en la posició inicial ($t_0 = 0$): $v_m = \frac{x - x_0}{t}$

D'altra banda, en l'MRUA, el valor de v_m coincideix amb la mitjana de la velocitat inicial i final: $v_m = \frac{v_0 + v}{2}$

Iguallem les dues expressions: $\frac{x - x_0}{t} = \frac{v_0 + v}{2}$

Substituïm v pel seu valor ($v = v_0 + a \cdot t$):

$$\frac{x - x_0}{t} = \frac{v_0 + (v_0 + a \cdot t)}{2} = \frac{2v_0 + a \cdot t}{2}$$

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

D'on obtenim l'equació:

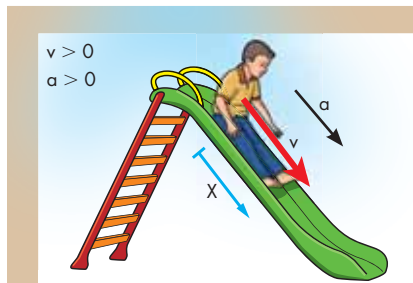
$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

que ens permet calcular la posició en qualsevol instant t .

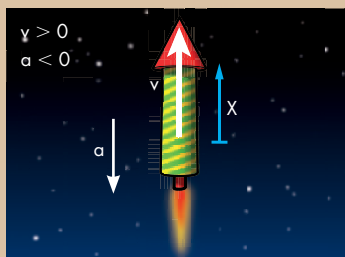
Signes de la velocitat i l'acceleració

Per tal de descriure un moviment rectilini, escollim un sistema de referència format per un origen i un eix de coordenades la direcció del qual coincideixi amb la trajectòria.

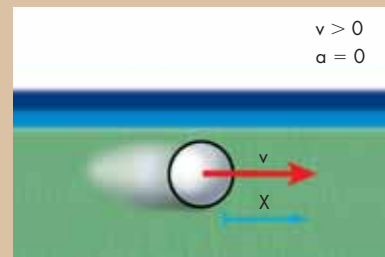
- En utilitzar les equacions dels moviments rectilinis, la velocitat, v , o l'acceleració, a , són positives quan el seu sentit coincideix amb el sentit positiu de l'eix de coordenades, i són negatives en cas contrari.
- A més, quan el sentit de l'acceleració coincideixi amb el de la velocitat, la velocitat augmentarà en mòdul, mentre que, si tenen sentits contraris, la velocitat disminuirà en mòdul.



El mòdul de la velocitat augmenta.



El mòdul de la velocitat disminueix.



El mòdul de la velocitat no canvia.

EXEMPLE 10

Un tren augmenta uniformement la velocitat de 20 m/s a 30 m/s en 10 s. Calcula: a) l'acceleració; b) la distància que recorre en aquest temps; c) la velocitat que tindrà 5 s després, si manté constant l'acceleració.

— Dades:

$x_0 = 0$	$x_1 = ?$	$x_2 = ?$
$(t_0 = 0)$	$(t_1 = 10 \text{ s})$	$(t_2 = 15 \text{ s})$
$(v_0 = 20 \text{ m/s})$	$(v_1 = 30 \text{ m/s})$	$(v_2 = ?)$

- a) Calculem l'acceleració aplicant l'equació de la velocitat entre els instants t_0 i t_1 .

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

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{30 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

L'acceleració del tren és d'1 m/s².

- b) Calculem la distància recorreguda entre els instants t_0 i t_1 aplicant l'equació posició-temps.

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

$$0 + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} + \frac{1}{2} 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (10 \text{ s})^2 =$$

$$= 200 \text{ m} + 50 \text{ m} = 250 \text{ m}$$

La distància recorreguda és de 250 m.

- c) Per tal de calcular la velocitat als 15 s, apliquem l'equació de la velocitat entre els instants t_0 i t_2 .

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

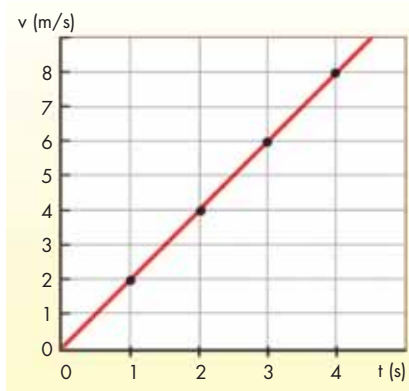
$$= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ACTIVITATS

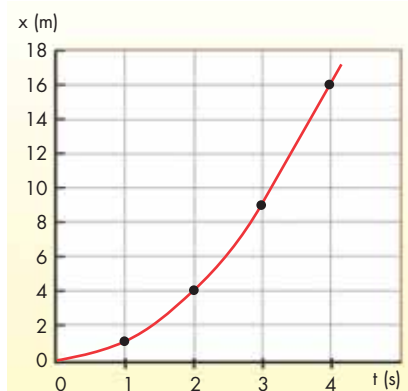
- Posa un exemple d'MRUA i explica les característiques de la velocitat i l'acceleració en aquest tipus de moviment.
- Calcula l'acceleració que ha de tenir un cotxe per tal d'assolir una velocitat de 108 km/h en 10 s si parteix del repòs.
— Quina distància recorre en aquest temps?
Sol.: 3 m/s²; 150 m
- Un guepard persegueix la seva presa en línia recta a 64,8 km/h i assoleix, a partir d'aquest moment, una acceleració constant de 4 m/s². Calcula la velocitat i la distància recorreguda al cap de 8 s de començar a accelerar.
Sol.: 50 m/s; 272 m
- Un camió que circula a 70,2 km/h disminueix la velocitat a raó de 3 m/s cada segon. Quina distància recorrerà fins a aturar-se?
Sol.: 63,4 m
- Triem el sentit positiu del sistema de referència cap a la dreta. Indica quins signes obtindrem per a la velocitat i l'acceleració en els casos següents.
 - Un mòbil va cap a la dreta i el mòdul de la seva velocitat augmenta.
 - Un mòbil va cap a l'esquerra i el mòdul de la seva velocitat disminueix.

Gràfiques de l'MRUA

Ara veurem quina forma tenen les gràfiques velocitat-temps i posició-temps en l'MRUA. Per a fer-ho, representarem gràficament el moviment de la motocicleta de l'exemple 9 de la pàgina 21.



La gràfica v-t és una recta.

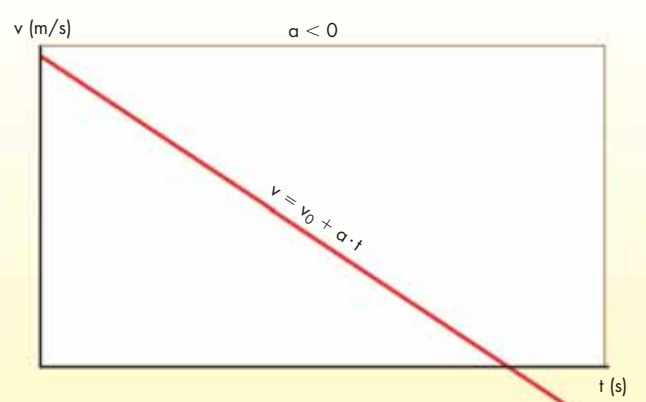
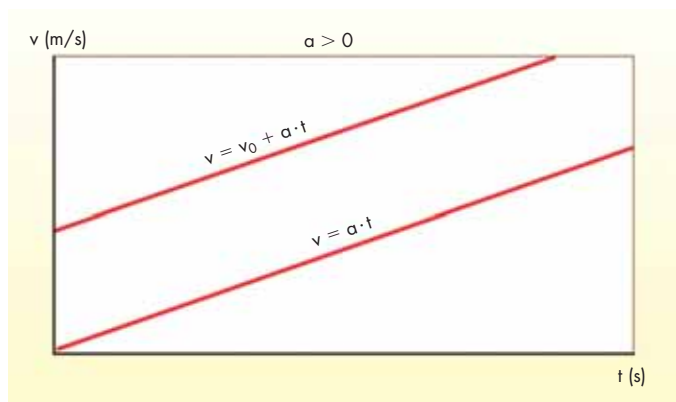


La gràfica x-t és una paràbola.

Temps (s)	Velocitat (m/s)	Posició (m)
0	0	0
1	2	1
2	4	4
3	6	9
4	8	16

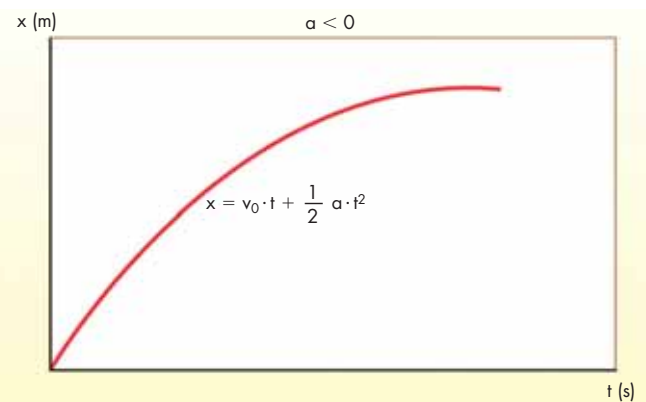
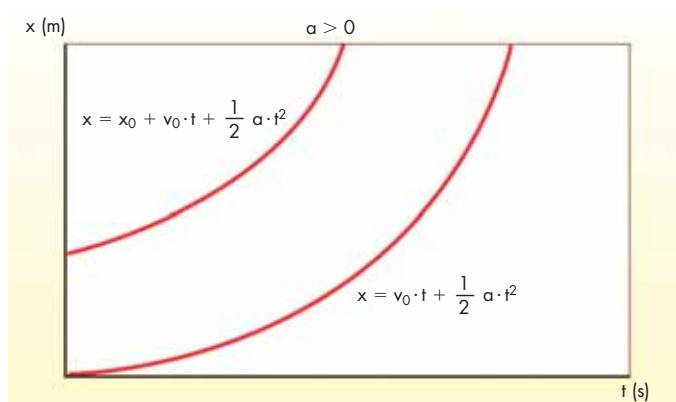
En general, les representacions gràfiques possibles de l'MRUA són les següents:

Gràfica velocitat-temps (v-t)



La **gràfica v-t** és una **recta**, amb un determinat pendent, l'ordenada en l'origen de la qual és la velocitat inicial. Com més gran és el pendent, més gran és l'acceleració.

Gràfica posició-temps (x-t)



La **gràfica x-t** és una **paràbola** i la seva ordenada en l'origen és la posició inicial.

FIXA-T'HI

Galileu va idear experiments amb plans inclinats que li permetien estudiar més fàcilment la **caiguda lliure dels cossos**. Va comprovar que la velocitat final que assoleix un cos en baixar per un pla inclinat és la mateixa que si es deixa caure lliurement en vertical des de la mateixa altura que el pla inclinat. En tots dos casos, el mòbil efectua un MRUA, encara que l'acceleració és diferent: en el cas del pla, depèn de la seva inclinació; en canvi, en caiguda lliure, l'acceleració val g .

El moviment vertical dels cossos

Si deixem caure un cos, aquest descriu, per l'acció de la gravetat, un moviment rectilini uniformement accelerat, anomenat **caiguda lliure**, l'acceleració constant del qual és l'acceleració de la gravetat, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

El mateix succeeix si el cos es llança verticalment cap amunt o cap avall.

En l'estudi d'aquesta classe de moviments s'acostuma a prendre un sistema de referència amb origen al terra i format per un eix de coordenades el sentit positiu del qual és cap amunt.

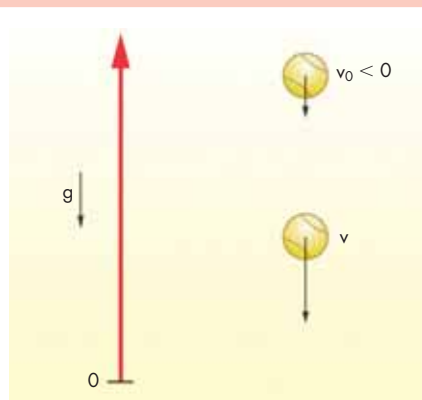
Les equacions d'aquest moviment per al sistema de referència esmentat són les de l'MRUA per a una **acceleració negativa**, $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

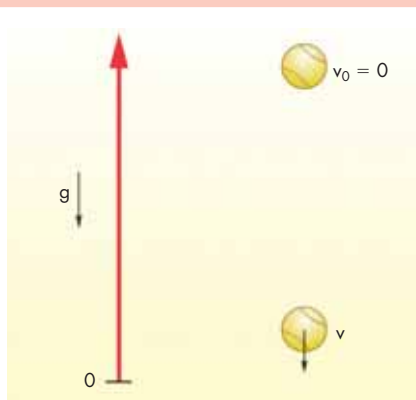
Segons el sentit de la velocitat inicial, podem tenir tres casos:

Llançament vertical cap avall



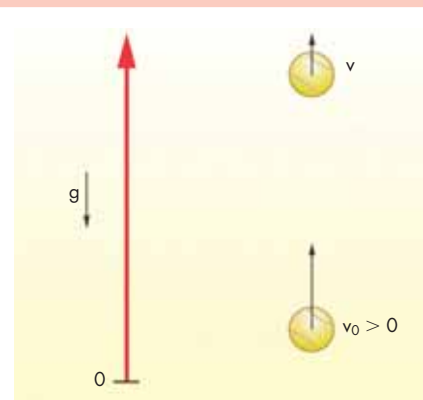
La velocitat inicial, v_0 , és negativa.

Caiguda lliure



La velocitat inicial, v_0 , és nul·la.

Llançament vertical cap amunt



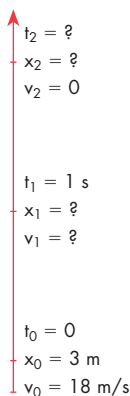
La velocitat inicial, v_0 , és positiva.

EXEMPLE 11

Des d'una altura de 3 m, un noi xuta verticalment cap amunt una pilota amb una velocitat inicial de 18 m/s.

- Troba la velocitat de la pilota 1 s després del llançament i la seva posició en aquest instant.
- Determina el temps que triga a aturar-se.

— Dades:



- Per trobar la velocitat en l'instant $t_1 = 1 \text{ s}$, apliquem les equacions de l'MRUA amb acceleració $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$v = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La posició de la pilota en aquest instant és:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$x = 3 \text{ m} + 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ s} - \frac{1}{2} 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1 \text{ s})^2$$

$$x = 16,1 \text{ m}$$

- Tal com hem pres el sistema de referència, v serà positiva quan la pilota estigui pujant i negativa quan baixi.

En el punt d'altura màxima v serà zero.

Per a calcular en quin instant succeeix aquest canvi, substituïm $v = 0$ en l'equació de la velocitat.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$0 = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$$

$$t = \frac{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,84 \text{ s}$$

EXEMPLE 12

Des del terra, llancem verticalment i cap amunt una pilota amb una velocitat de 72 km/h.

- Determina el temps que triga la pilota a assolir l'altura màxima.
- Calcula l'altura màxima que assoleix la pilota.

— Dades:

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\begin{aligned} t &= ? \\ x &= ? \\ v &= 0 \\ t_0 &= 0 \\ x_0 &= 0 \text{ m} \\ v_0 &= 20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- En l'instant que assoleix l'altura màxima, es compleix que $v = 0$.

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$$

$$t = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2,04 \text{ s}$$

- Si substituïm el temps obtingut en l'equació de l'espai, obtindrem l'altura màxima.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$x = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,04 \text{ s} - \frac{1}{2} 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,04 \text{ s})^2$$

$$x = 20,41 \text{ m}$$

- Les dades recollides en la taula següent corresponen a un mòbil que inicia un MRUA.

t (s)	0	1	2	3	4	5
x (m)	0	1,5	6	13,5	24	37,5

- Determina'n l'acceleració.
- Construeix les gràfiques v-t i x-t del moviment.

Sol.: a) 3 m/s²

- Un autocar que circula a 81 km/h frena uniformement amb una acceleració de $-4,5 \text{ m/s}^2$.

- Determina quants metres recorre fins a aturar-se.
- Representa les gràfiques v-t i x-t.

Sol.: 56,25 m

- Raona per què un objecte que cau al carrer des d'una finestra efectua un moviment rectilini uniformement accelerat.

- Des de la boca d'un pou de 50 m de profunditat, a quina velocitat cal llançar una pedra perquè arribi al fons en 2 s? Suposa nul el fregament amb l'aire.

Sol.: 15,2 m/s

- Si deixem caure un objecte des de dalt d'una torre i mesurem el temps que triga a arribar a terra, el resultat és de 2,4 s. Calcula l'altura de la torre.

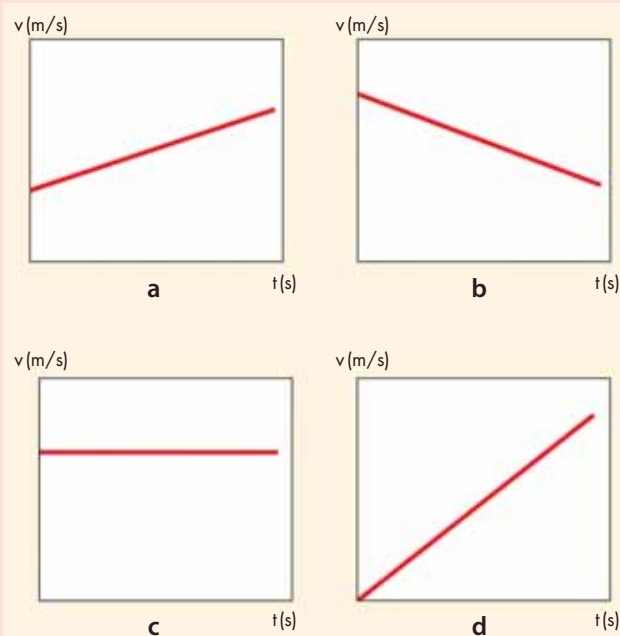
Sol.: 28,2 m

- Llancem verticalment cap amunt un objecte des d'una altura d'1,5 m i amb una velocitat inicial de 24,5 m/s.

Determina'n la posició i la velocitat en els instants següents: a) 0 s; b) 1 s; c) 2 s.

Sol.: a) 1,5 m, 24,5 m/s; b) 21,1 m, 14,7 m/s; c) 30,9 m, 4,9 m/s

- A continuació hi ha diferents gràfiques velocitat-temps. Indica a quina classe de moviment correspon cadascuna i descriu el comportament concret del mòbil en cada cas.



3.3. Moviment circular uniforme

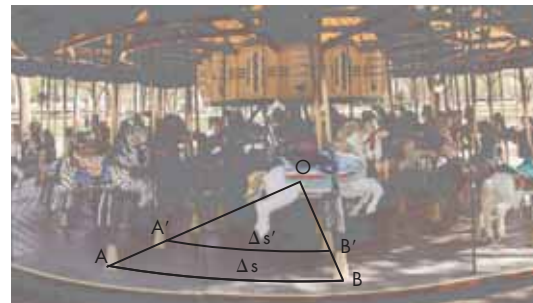
En la nostra vida quotidiana existeixen molts moviments en els quals un mòbil es desplaça seguint una trajectòria amb forma de circumferència. Per exemple, una roda, uns cavallets, una sínia, les fulles d'una batedora. Aquest moviment rep el nom de **moviment circular**.

EXEMPLE 13

En l'atracció de fira de la imatge, el centre de gir coincideix amb l'origen del sistema de referència.

Observa que, en un interval de temps Δt , un cavall situat a la perifèria es trasllada des de la posició A fins a la posició B. En aquest mateix interval de temps, un cavall més proper al centre de gir es trasllada des de A' fins a B'.

Tots dos objectes han recorregut distàncies diferents en el mateix temps, la qual cosa significa que les seves velocitats són diferents. Tanmateix, l'angle girat és el mateix.



FIXA-T'HI

- Anomenem **radiant**, rad, l'angle, $\Delta\varphi$, que comprèn un arc de circumferència, Δs , de longitud igual al radi, r , d'aquesta circumferència:

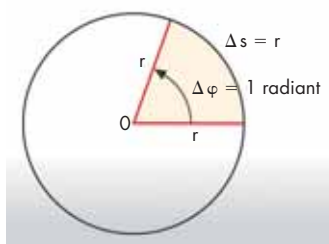
$$\Delta s = r$$

$$\Delta\varphi = 1 \text{ rad}$$

Com que la longitud de la circumferència és: $\Delta s = L = 2\pi r$, tenim que:

$$\Delta\varphi = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

És a dir, 1 volta = 2π radians.



- Anomenem **període T** el temps que triga un mòbil a fer una volta completa a la circumferència.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

En el moviment circular s'utilitzen dues magnituds diferents per a mesurar la velocitat: la **velocitat lineal** i la **velocitat angular**.

Velocitat lineal, v

Es defineix com el quocient entre la distància recorreguda pel mòbil sobre la circumferència i l'interval de temps emprat per a fer-ho.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{arc recorregut}}{\text{temps emprat}}$$

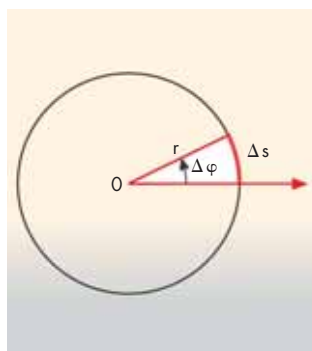
La seva unitat en el SI és el metre per segon, m/s.

Velocitat angular, ω

Es defineix com el quocient entre l'angle girat pel radi en què se situa el mòbil i l'interval de temps emprat per a fer-ho.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\text{angle girat}}{\text{temps emprat}}$$

La seva unitat en l'SI és el radiant per segon, rad/s.



Ara veurem quina relació hi ha entre la velocitat lineal i la velocitat angular.

La longitud de l'arc recorregut, Δs , i el seu angle, $\Delta\varphi$, mesurat en radians, es relacionen mitjançant la distància al centre o radi, r .

$$\Delta s = \Delta\varphi \cdot r$$

Si dividim aquesta expressió per Δt , obtenim:

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

La velocitat lineal és igual a la velocitat angular multiplicada pel radi.

En un moviment circular, la velocitat lineal de cada punt del mòbil depèn de la distància al centre de gir. En canvi, la velocitat angular és idèntica per a tots els punts del mòbil.

Un cas particular de moviment circular és aquell en què l'angle girat, $\Delta\varphi$, augmenta de manera uniforme.

Un mòbil es desplaça amb un **moviment circular uniforme (MCU)** quan la seva trajectòria és circular i la seva velocitat angular es manté constant.

EXEMPLE 14

Un ciclista fa 19 voltes a una pista circular de 48 m de radi en 5 minuts amb velocitat angular constant. Calcula:

a) La velocitat angular, en rad/s.

b) La velocitat lineal.

— Dades: $r = 48 \text{ m}$ $\Delta\varphi = 19 \text{ voltes}$ $\Delta t = 5 \text{ min}$

a) La velocitat angular és el quocient entre l'angle girat i el temps emprat.

$$\omega = \frac{19 \text{ voltes}}{5 \text{ min}} = 3,8 \frac{\text{voltes}}{\text{min}}$$

L'expressarem en rad/s. Per a fer-ho, tindrem en compte que una volta equival a 2π radians.

$$\omega = 3,8 \frac{\cancel{\text{voltes}}}{\cancel{\text{min}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{min}}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \cancel{\text{volta}}} = 0,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

b) La velocitat lineal del ciclista es calcula multiplicant la velocitat angular pel radi.

$$v = \omega \cdot r = 0,4 \text{ rad/s} \cdot 48 \text{ m} = 19,2 \text{ m/s}$$

Equació de l'MCU

L'equació del moviment circular uniforme es dedueix de la definició de la velocitat angular.

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

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot (t - t_0)$$

Si comencem a comptar el temps quan el mòbil es troba en la posició inicial, és a dir, $t_0 = 0$, resulta:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

Aquesta expressió constitueix l'**equació del moviment circular uniforme** i ens dóna el valor de l'angle girat pel mòbil en qualsevol instant.

FIXA-T'HI

L'equació de l'MCU és igual a la de l'MRU si substituïm la posició x per l'angle φ i la velocitat lineal v per la velocitat angular ω .

La gràfica ω - t de l'MCU també és igual a la gràfica x - t de l'MRU.

EXEMPLE 15

La roda de fira d'un parc d'atraccions gira uniformement a raó de 2,5 voltes per minut. Calcula el nombre de voltes que fa en 5 min.

— Dades: $\omega = 2,5 \text{ voltes/min}$ $t = 5 \text{ min}$ $\varphi_0 = 0$

Apliquem l'equació de l'MRU per un temps de 5 min: $\varphi = \omega \cdot t = 2,5 \frac{\text{voltes}}{\cancel{\text{min}}} \cdot 5 \cancel{\text{min}} = 12,5 \text{ voltes}$

La roda de fira fa 12,5 voltes en 5 min.

33. Posa tres exemples de moviments circulars que es puguin observar en la vida quotidiana.

34. Dos amics pugen en uns cavallets. En Carles s'asseu en un elefant situat a 5 m del centre, i l'Antoni tria un cotxe de bombers situat a només 3,5 m del centre. Tots dos triguen 4 min a fer 10 voltes.

a) Es mouen amb la mateixa velocitat lineal? I amb la mateixa velocitat angular? Raona-ho.

b) Calcula la velocitat lineal i la velocitat angular de tots dos.

Sol.: b) 1,30 m/s, 0,26 rad/s, 0,91 m/s, 0,26 rad/s

35. La roda d'una bicicleta té 30 cm de radi i gira uniformement a raó de 25 voltes per minut. Calcula:

a) La velocitat angular, en rad/s.

b) La velocitat lineal d'un punt de la perifèria de la roda.

Sol.: a) 2,62 rad/s; b) 0,79 m/s

36. Un satèl·lit descriu un moviment circular uniforme al voltant de la Terra. Si la seva velocitat angular és de $7 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$, calcula el nombre de voltes que fa en un dia.

Sol.: 9,6 voltes

Caiguda d'una bola per un pla inclinat

Comprovarem que si es deixa caure una bola de fusta per un pla inclinat, aquesta bola baixa a una velocitat creixent i amb una acceleració constant. És a dir, es tracta d'un *moviment rectilini uniformement accelerat*.

Recorda que l'equació posició-temps de l'MRUA és:

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

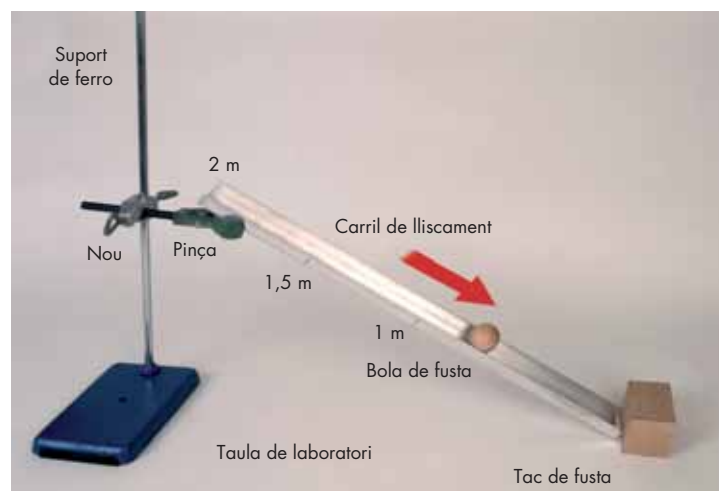
Com que $x_0 = 0$ i la bola cau sense velocitat inicial ($v_0 = 0$), l'equació queda: $x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$. D'on es dedueix: $a = \frac{2x}{t^2}$.

► Material

- Dues boles de fusta de masses diferents.
- Suport de ferro proveït d'una pinça i una nou.
- Carril metàl·lic de 2 m de longitud.
- Tac de fusta.
- Cronòmetre.

► Procés

- Marca en el carril les distàncies: 1 m, 1,5 m i 2 m.
- Prepara el muntatge que apareix en la imatge. Per a fer-ho, fixa la pinça a uns 28 cm d'altura respecte de la taula.
- Deixa anar una de les dues boles (sense llançar-la) des del punt del carril marcat amb 2 m. En el mateix moment que la deixis anar, posa en marxa el cronòmetre.
- Atura el cronòmetre just quan la bola colpegi el tac de fusta situat al final del carril. Anota el temps transcorregut, i indica'n fins i tot les dècimes de segon.
- Repeteix l'experiment quatre vegades més i anota els temps corresponents.
- Calcula la mitjana aritmètica dels temps de caiguda.
- Segueix el mateix procediment i deixa anar la bola des de les marques d'1,5 m i 1 m. Anota els temps de caiguda i calcula'n la mitjana aritmètica.
- Completa la taula amb els valors de t^2 i de l'acceleració.
- Amb les dades de la taula, representa la gràfica $x-t^2$.
- Repeteix el procés utilitzant l'altra bola i comprova si els temps són diferents.
- Canvia l'angle d'inclinació del carril. Per a fer-ho, pots fixar la pinça a 32 cm i a 36 cm d'altura respecte de la taula. Torna a efectuar la prova i comprova si canvia l'acceleració.



Recorregut (m)	Temps de caiguda (s)					Temps mitjà t (s)	t^2 (s ²)	Acceleració (m/s ²) $a = \frac{2x}{t^2}$
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5			
2,0								
1,5								
1,0								

Qüestions

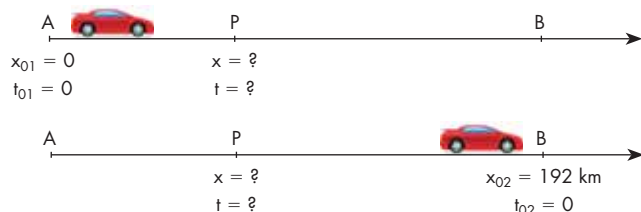
- Quina condició és necessària per què un moviment sigui uniformement accelerat?
 - Justifica per què el moviment de caiguda de la bola és un MRUA.
- Describeix la forma de la gràfica $x-t^2$. Correspon a un MRUA? Per què?
- Influeix la massa de la bola en l'acceleració? Com?
- Raona què passaria amb l'acceleració si repetissis l'experiment però augmentant cada vegada l'angle d'inclinació del carril fins a deixar-lo pràcticament vertical.
- Relaciona aquestes proves amb els experiments de Galileu Galilei sobre la caiguda lliure. Indica si l'acceleració en la caiguda lliure depèn de la massa del cos.

El moviment rectilini uniforme (MRU) i el moviment circular uniforme (MCU) són dos tipus de moviments especialment importants perquè apareixen sovint en la vida quotidiana. Ara aprofundirem una mica més en l'estudi d'aquests dos tipus de moviments.

A Dos automòbils surten alhora de dues ciutats, A i B, separades per una distància de 192 km. El primer automòbil surt de A cap a B a 75 km/h. El segon surt de B cap a A a 85 km/h.

- Calcula en quin punt i en quin instant es trobaran.
- Representa en una gràfica posició-temps el moviment dels dos vehicles.

— Dades:



— Escrivim les equacions dels dos moviments prenent la ciutat A com a origen del sistema de referència. Expressarem les posicions en quilòmetres i el temps en hores.
 $x = x_0 + v \cdot t$

Automòbil 1: $x_1 = 0 + 75 \cdot t$; $x_1 = 75 \cdot t$

Automòbil 2: $x_2 = 192 + (-85) \cdot t$; $x_2 = 192 - 85 \cdot t$

- Els dos vehicles es troben quan les seves posicions coincideixen, és a dir:

$$x_1 = x_2 = x ; 75t = 192 - 85t$$

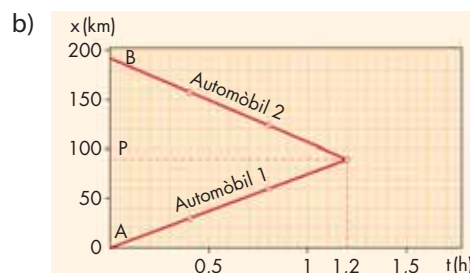
$$75t + 85t = 192 ; 160t = 192 ; t = \frac{192}{160} = 1,2 \text{ h}$$

Els dos vehicles es troben 1,2 h després de la sortida.

Per tal de saber quina posició ocupen en aquest instant, substituïm el valor de t en una equació qualsevol del moviment. Per exemple:

$$x = 75 \cdot t = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1,2 \text{ h} = 90 \text{ km}$$

Els dos vehicles es troben a 90 km de la ciutat A.



- 37.** Dos nois estan separats 4,95 m. Cadascun llança una pilota a l'altre. Les dues pilotes surten a la vegada i es mouen horitzontalment en sentits contraris, la primera a 3 m/s i la segona a 8 m/s. a) Calcula en quin punt i en quin instant es trobaran; b) representa en una gràfica posició-temps el moviment de les dues pilotes.

Sol.: a) 1,35 m; 0,45 s

B Un automòbil circula a una velocitat constant de 15 m/s. Si les rodes de l'automòbil tenen un radi de 30 cm, calcula:

- La velocitat angular de les rodes.
- El nombre de voltes que fan les rodes en 1 min.

— Dades: $r = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$; $\varphi_0 = 0$;

$$v = 15 \text{ m/s} ; t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

- Un punt de la perifèria de la roda gira amb una velocitat lineal igual a la velocitat de l'automòbil, $v = 15 \text{ m/s}$.

Podem trobar la velocitat angular a partir de la seva relació amb la velocitat lineal.

$$\varphi = \frac{v}{r} = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,3 \text{ m}} = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocitat angular de les rodes és 50 rad/s.

- Apliquem l'equació del moviment circular uniforme per un temps d'1 min.

$$\varphi = \omega \cdot t = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} = 3000 \text{ rad}$$

Convertim els radians en voltes.

$$3000 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ volta}}{2\pi \text{ rad}} = 477,5 \text{ voltes}$$

Les rodes fan 477,5 voltes en 1 min.

- 38.** Un ciclista recorre 5,4 km en 15 min a velocitat constant. Si el radi de les rodes de la bicicleta és de 40 cm, calcula: a) la velocitat angular de les rodes; b) el nombre de voltes que fan les rodes en aquest temps.

Sol.: a) 15 rad/s; b) 2 148,6 voltes

- 39.** Una roda de fira de 40 m de diàmetre gira amb una velocitat angular constant de 0,125 rad/s. Esbrina: a) la distància recorreguda per un punt de la perifèria en 1 min; b) el nombre de voltes que fa la roda de fira en aquest temps.

Sol.: a) 150 m; b) 1,2 voltes

Què és el moviment?

40. Amb una cinta mètrica, mesura les dimensions de la teva habitació. En un full quadriculat dibuixa'n el plànol a escala (la planta). Fixa l'origen dels eixos de coordenades en un punt qualsevol de l'habitació i anota les coordenades dels extrems del llit, de l'armari i de la taula d'estudi.
41. Explica la diferència entre moviment i repòs.
42. Indica en quina de les següents situacions hi ha moviment respecte de l'observador:
- Un passatger dins d'un avió mira l'ala de l'avió.
 - El mateix passatger contempla la ciutat des de la qual s'ha enlairat l'avió.
 - Un nen assegut en un cotxe d'una atracció de fira veu el seu amic assegut al seu costat.
 - Els pares del nen de l'atracció de fira l'observen a ell i al seu amic, parats dempeus, davant de l'atracció.
43. En quin tipus de trajectòries el desplaçament coincideix amb la trajectòria entre dos punts? Posa'n dos exemples.
44. La taula següent correspon al desplaçament d'un peix en el mar.

Temps (s)	0	10	20	30	40
Posició (m)	0	27	58	87	116

- Calcula la distància recorreguda entre els instants:
- $t_1 = 10 \text{ s}$ i $t_3 = 30 \text{ s}$
 - $t_2 = 20 \text{ s}$ i $t_4 = 40 \text{ s}$
- Sol.: a) 60 m; b) 58 m

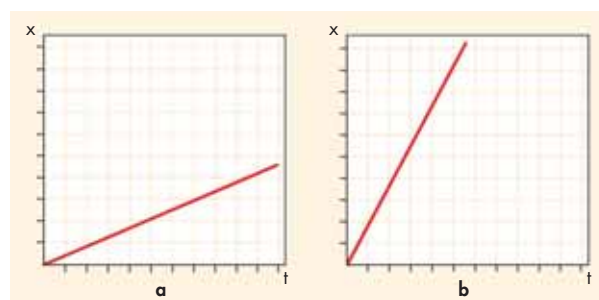
45. Descriu alguna situació que hagis viscut en què no sabessis si estaves en moviment o no.
- R**
46. Un ascensor puja des de la planta zero d'un edifici fins al cinquè pis. Seguidament, el criden al primer pis i, a continuació, baixa al pàrquing, que es troba a la primera planta del subterrani de l'edifici.
- R**
- Representa gràficament quina ha estat la trajectòria i el desplaçament de l'ascensor.
47. Busca informació sobre la longitud i la latitud terrestres. Són coordenades cartesianes?
- A**
48. Un any llum es defineix com la distància que recorre la llum en el buit en el període de temps d'un any i equival a $9,4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$. Indica si es tracta d'una unitat de longitud o de temps. Expressa en notació científica, la distància en metres d'aquests estels al Sol: Propera Centauri, situada a 4,22 anys llum del Sol, Tau Ceti, a 11,90 anys llum i Sigma Draconis, a 18,81 anys llum del Sol.
- A**

La rapidesa en el canvi de posició

49. Explica la diferència entre velocitat mitjana i velocitat instantània.
50. El *Thrust SSC* és un vehicle terrestre que l'any 1997 va superar la velocitat del so. Si va aconseguir recórrer 1 366 m en 4 s, quina va ser la seva velocitat mitjana en aquest interval?
- Expressa-la en quilòmetres per hora.
- Quant de temps va trigar a recórrer un quilòmetre?

Sol.: 1 229,4 km/h; 2,92 s

51. Les gràfiques següents representen el moviment de dos mòbils. Raona quin mòbil es mou a més velocitat.



52. Un mòbil parteix de l'origen del sistema de referència amb una velocitat constant de 25 m/s en línia recta. Representa la gràfica posició-temps.
53. Quines són les característiques del moviment rectilini uniforme? Com és el vector velocitat en aquest moviment?
- R**
54. L'animal aquàtic més veloç és el peix vela, que arriba als 109 km/h. Quant de temps trigarà a recórrer 1 435 metres?
- R**
- Sol.: 47,4 s

55. Un cotxe es desplaça per una carretera recta a una velocitat de 85 km/h. Al cap de 8 min, quina distància haurà recorregut, en metres?
- R**
- Sol.: 11 333 m

56. Tres atletes participen en unes olimpíades. El primer recorre 10 km en 27 min 40 s, el segon recorre 100 m en 9,93 s i el tercer recorre 1 500 m en 3 min 32 s. Qui corre més ràpidament?
- A**

57. La taula següent mostra les dades del moviment d'un atleta en una cursa de 100 m llisos.
- A**

Temps (s)	0	3,58	5,61	7,72	9,86
Posició (m)	0	25	50	75	100

- Calcula la velocitat mitjana entre els instants: a) $t_0 = 0 \text{ s}$ i $t_2 = 5,61 \text{ s}$; b) $t_2 = 5,61 \text{ s}$ i $t_4 = 9,86 \text{ s}$.

Sol.: a) 8,91 m/s; b) 11,76 m/s

- 58.** Un patinador surt de la posició $x_0 = 20$ m en l'instant $t_0 = 0$ i es desplaça amb una velocitat constant de 20 m/s en sentit positiu. Un altre patinador surt darrere seu 2 s més tard des de la posició $x_0 = 0$ a una velocitat de 30 m/s. Calcula quan i on el segon patinador atraparà el primer.

Sol.: 8 s; 180 m

Canvis de velocitat

- 59.** Quines són les característiques del moviment rectilini uniformement accelerat?

- 60.** Indica els signes de v i a en els casos següents si hem pres el sentit positiu del sistema de referència cap amunt.

- a) Es llança un objecte verticalment i cap amunt.
- b) Es llança un objecte verticalment i cap avall.

- 61.** Un tren que circula a 90 km/h frena amb una acceleració igual a -2 m/s² quan s'acosta a l'estació. Explica el significat del signe menys en l'acceleració. Calcula el temps que triga a aturar-se.

Sol.: 12,5 s

- 62.** Un mòbil parteix del repòs. La taula següent en presenta les posicions en diferents instants.

t (s)	0	1	2	3	4
x (m)	0	2	8	18	32

- a) Dibuixa la gràfica posició-temps.
- b) Calcula l'acceleració i la velocitat del mòbil al cap de 10 s.

Sol.: b) 4 m/s²; 40 m/s

- 63.** Quina és la diferència entre velocitat lineal i velocitat angular en un moviment circular uniforme?

- 64.** Les aspes d'un ventilador giren uniformement a raó de 90 voltes per minut. Determina: a) la seva velocitat angular, en rad/s; b) la velocitat lineal d'un punt situat a 30 cm del centre; c) el nombre de voltes que faran les aspes en 5 min.

Sol.: a) 9,4 rad/s; b) 2,8 m/s; c) 450 voltes

- 65.** Explica les diferències fonamentals entre els moviments MRU, MRUA i MCU.

- 66.** Un cotxe augmenta uniformement la velocitat de 59,4 km/h a 77,4 km/h en 4 s. Calcula: a) l'acceleració; b) la velocitat que tindrà 9 s després de començar a accelerar; c) la distància que recorrerà en aquests 9 s.

Sol.: a) 1,25 m/s²; b) 27,75 m/s; c) 199,1 m

- 67.** Quina és la velocitat angular, en rad/s, d'un disc de vinil que gira a 33 revolucions per minut (rpm)?

Sol.: 3,46 rad/s

- 68.** Calcula el radi de la sínica London Eye si triga 30 minuts a fer una volta i les cistelles es mouen a 0,26 m/s.

Sol.: 74,5 m

- 69.** Formeu grups. Busqueu informació sobre els senyals de trànsit. Elaboreu un informe il·lustrat on es classifiquin els senyals de trànsit segons siguin:

- a) de prohibició; b) d'obligació; c) de limitació de velocitat; d) de prioritat.

— A continuació escolliu un dels senyals de cada grup i descriu una situació en què s'hagi de respectar aquesta senyalització.

@ Connecta't

- 70.** A la pàgina <http://www.fislab.net> selecciona «Applets». Tria «Dos mòbils» i marca «Inici». Podràs veure com es troben dos vehicles. Canvia els valors de les seves acceleracions (pot ser zero), la distància inicial i les velocitats inicials.

- 71.** Mesura el teu temps de reacció per evitar un xoc amb el cotxe que està frenant davant teu a: http://teleformacion.edu/aytolacoruna.es/FISICA/document/applets/Hwang/ntnujava/carDistance/carAccident_s.htm. Pots canviar la velocitat dels cotxes i la distància inicial entre ells.

Per iniciar la miniaplicació, prem *Reset*, després de triar la velocitat dels cotxes i la distància inicial. Esbrina, per a tres valors de velocitat inicials, quina ha de ser la distància de separació mínima perquè no hi hagi xoc. Vés provant diferents valors de distància per a cada valor de velocitat. El valor que obtinguis és l'anomenada distància de seguretat. Com varia la distància de seguretat en canviar la velocitat de circulació?

- 72.** A l'applet que hi ha al final d'aquesta pàgina: <http://www.fisica-basica.net/AFco-catala/cinematica/graves/graves.htm>, podràs veure el moviment d'un cos llançat verticalment cap amunt amb una determinada velocitat inicial. En aquesta miniaplicació també veuràs dibuixada la gràfica posició-temps. Canvia el valor de la posició inicial i el de la velocitat de llançament i observa com varia l'altura màxima assolida. Fixa't en com van variant amb el temps els vectors velocitat i acceleració. Com és la trajectòria del mòbil?

- 73.** En un full de càlcul troba l'espai recorregut i la velocitat des de $t = 0$ fins a $t = 5$ min en intervals de 20 s per un MRUA que parteix del repòs. Considera una acceleració de 3 m/s². Amb els valors obtinguts, representa les gràfiques: posició-temps, velocitat-temps i posició-velocitat.

- 74.** Utilitza la calculadora *on line* WIRIS (<http://www.wiris.net/demo/wiris/ca/>) per tal de passar aquests angles a radians: 14°, 23°, 51°, 107°, 162°, 198°, 250° i 343°. Per a fer-ho consulta el procediment en l'apartat *Unitats de mesura* de l'*Ajuda*.

— Calcula la longitud de l'arc associat si el radi és de 3 cm.

L'itinerari fins a l'institut

En Joan, en Carles i la Maria són veïns i van junts a l'institut amb bicicleta.

En Joan és el que viu més lluny, i de camí passa per casa d'en Carles, que és al seu mateix carrer, a 25 metres. Després, tots dos van a buscar la Maria, que es troba a 50 metres, tombant a la cantonada de casa en Carles i seguint una recta. Des de la casa la Maria han de circular per carretera perquè el centre d'ensenyament es troba a 2 km d'allà.

Cada dia, en Joan surt de casa a les 8.00 h i el timbre de l'institut sona a les 8.30 h.

Vegem com podem relacionar fets de la seva vida quotidiana amb els coneixements que estan adquirint a la classe de Física.



© 2012 Cnes/Spot Image, Digital Globe, GeoEye, Institut Cartogràfic de Catalunya

1. Observa el plànol i dibuixa-hi la trajectòria que descriu la bicicleta d'en Carles.
 - a) Indica quins elements de seguretat viària estan representats en el plànol.
 - b) Imagina que estàs circulant de forma paral·lela a les bicicletes. Digues quin element de referència prendries per conèixer qui circula a més velocitat.
 - c) Si estàs parat al costat del semàfor del plànol i veus passar en Joan amb bicicleta, digues si la seva motxilla està en moviment o està parada.
2. Surten els tres al mateix temps des de casa de la Maria a les 8.05 h. En Joan arriba primer a les 8.20 h; la Maria, a les 8.22 h i, finalment, en Carles, a les 8.26 h. Tenint en compte que han mantingut constant la velocitat durant tot el trajecte:
 - a) Calcula la velocitat a la qual ha circulat cadascú.
 - b) Si la velocitat màxima permesa per a un ciclista a la carretera és de 40 km/h, algun d'ells ha infringit aquesta norma?
 - c) Determina el temps que ha trigat cadascú a arribar a l'institut.
3. A la sortida de l'institut han quedat per anar a la biblioteca. Pel camí troben un obstacle a la carretera i frenen per aturar-se. En Carles, que circula darrere d'en Joan, no se n'adona i xoca amb ell i perd l'equilibri.
 - a) Calcula l'acceleració que porta la bicicleta d'en Carles si estava circulant a 20 km/h i ha trigat 1 s a aturar-se.
 - b) Quin signe té l'acceleració? Explica'n el significat.

4. Després de l'incident segueixen fins a la biblioteca municipal, on volen obtenir informació sobre els sistemes de navegació per a vehicles. Han de preparar en grup un treball sobre aquesta nova tecnologia. Per a fer-ho, busquen informació a internet, revistes, enciclopèdies...

— Elabora un informe sobre els sistemes de navegació per a vehicles.

L'informe ha d'incloure els següents punts:

- Fonament científic.
- Any d'aparició dels primers navegadors i en quins països.
- Implantació actual al mercat mundial.
- Aplicacions.
- Ús entre els joves.



5. Avui és dissabte i els tres amics han quedat per anar amb les bicicletes al gimnàs que hi ha al centre del nucli urbà. Quan es troben, en Joan comenta que és més perillós anar pel centre de la ciutat que per carretera. En Carles no hi està d'acord i els tres exposen els seus punts de vista.
 - a) Llegeix a classe les següents notícies: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/01/07/actualidad/1325965414_090170.htm i <http://www.elpuntavui.cat/noticia/article/7-vista/8-articles/497614-bicicleta-blanca-a-barcelona.html>
 I consulta les següents pàgines, on trobaràs informació sobre les normes de circulació que afecten els ciclistes, les mesures i els elements de seguretat.
<http://www20.gencat.cat/docs/msi-dgac/Conducció%20segura/pdf/alacarretera.pdf>, http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/seguridad_vial/estudios_informes/guia_ciclista.pdf, http://www20.gencat.cat/docs/transit/Documents/Arxius/doss_tec_16.pdf i http://www20.gencat.cat/docs/transit/Documents/Arxius/doss_tec_17.pdf
 - b) A continuació, formeu dos grups i organitzeu un debat sobre la conveniència o no de l'ús de les bicicletes a la ciutat. Cada grup ha d'argumentar la seva posició.
 - c) Elaboreu unes conclusions sobre el debat en les quals expresseu la importància que tots els conductors de vehicles respectin les normes de seguretat viària.

LA NAVEGACIÓ PER SATÈL·LIT

El GPS, de l'anglès *Global Positioning System*, és el sistema de navegació per satèl·lit actualment operatiu a nivell mundial. Permet a l'usuari conèixer la seva posició exacta en la superfície terrestre.

Per fer-ho utilitza el mètode de triangulació, anàleg a l'utilitzat fa anys pels vaixells. El receptor de GPS detecta un senyal de radio-freqüència i un senyal de control, emesos des d'un satèl·lit i separats en el temps.

Amb aquests senyals, el receptor mesura l'interval de temps, Δt , que triguen aquestes ones electromagnètiques a viatjar del satèl·lit fins a ell. Llavors, el receptor calcula la distància, Δs , que el separa del satèl·lit segons: $\Delta s = v \cdot \Delta t$, on v és la velocitat de la llum, és a dir, la velocitat de propagació de les ones electromagnètiques. D'aquesta forma, la posició del receptor pot ser qualsevol punt de l'esfera terrestre amb centre en el satèl·lit i de radi igual a Δs , ja que les ones es propaguen com a esferes concèntriques.

En repetir el procés amb un segon satèl·lit, la posició del receptor queda delimitada al cercle resultant de la intersecció de les dues esferes, cadascuna centrada en un satèl·lit. Amb l'ajuda d'un tercer satèl·lit, la posició es redueix a dos punts possibles, un d'ells fora de la Terra, que és descartat. Així, el receptor coneix la seva longitud i latitud. I, amb l'ajuda d'un quart satèl·lit, pot determinar també la seva altura respecte del nivell del mar.

L'any 2005 es va iniciar el llançament de satèl·lits del sistema de navegació europeu anomenat Galileo. Serà un sistema civil, a diferència del nord-americà GPS, que és preferentment militar. Es preveu que el 2014 Galileo ja sigui operatiu.



HAWKING I GALILEU

El 8 de gener del 2012 el físic anglès Stephen Hawking va celebrar el seu setantè aniversari. Havia nascut el mateix dia en què es complien 300 anys de la mort de Galileu Galilei.

Malgrat tenir una malaltia degenerativa de les neurones motores, Hawking s'ha dedicat durant anys a la cosmologia i és considerat el físic teòric més brillant des d'Einstein. El 1989 se li va atorgar el premi príncep d'Astúries de la concòrdia «per la seva transcendental labor investigadora sobre els fonaments del temps i l'espai».

A Stephen Hawking se'l situa al mateix nivell que Galileu, Newton i Einstein. No obstant això, quan se li pregunta sobre els seus predecessors, és Galileu amb qui se sent més identificat.

Igual que el treball de Hawking, els experiments de Galileu van contribuir a ampliar el nostre coneixement de l'Univers i de les lleis físiques que el regeixen.



Galileu Galilei.



Stephen Hawking.

SÍNTESI

- Anomenem **sistema de referència** un punt o conjunt de punts respecte dels quals es descriu el moviment d'un cos.
 - Un cos està en **moviment** si canvia de posició respecte del sistema de referència; en cas contrari, diem que està en **repòs**.
- Anomenem **posició** d'un mòbil el punt de la trajectòria que el mòbil ocupa en un moment determinat.
- Anomenem **trajectòria** la línia formada pels successius punts que ocupa un mòbil en el seu moviment.
- El **vector desplaçament** entre dos punts de la trajectòria és el vector que uneix tots dos punts.
- La **distància recorreguda** en un interval de temps és la longitud, mesurada sobre la trajectòria, que existeix entre la posició inicial i la posició final del mòbil en aquest interval.

$$\Delta s = s - s_0$$

- La **velocitat** d'un mòbil representa la rapidesa amb què el mòbil canvia de posició.
 - Anomenem **velocitat mitjana** el quocient entre la distància recorreguda pel mòbil i el temps emprat a recórrer-la.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

- Anomenem **velocitat instantània** la velocitat que té el mòbil en un instant determinat.
- La unitat de velocitat en l'SI és el **metre per segon (m/s)**.

- Un mòbil es desplaça amb **moviment rectilini uniforme (MRU)** si segueix una trajectòria rectilínia i la seva velocitat és constant en tot moment.

Equació de l'MRU: $x = x_0 + v \cdot t$

- L'**acceleració** d'un mòbil representa la rapidesa amb què el mòbil canvia la velocitat.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

- La unitat d'acceleració en l'SI és el **metre per segon al quadrat (m/s²)**.

- Un mòbil es desplaça amb **moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA)** si segueix una trajectòria rectilínia i la seva acceleració és constant i no nul·la.

Equacions de l'MRUA: $v = v_0 + a \cdot t$

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

- Un mòbil es desplaça amb **moviment circular uniforme (MCU)** quan la seva trajectòria és circular i la seva velocitat angular es manté constant.

Equació de l'MCU: $\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$

- **Velocitat lineal (v) i velocitat angular (ω)**

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{arc recorregut}}{\text{temps}}; \quad \omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\text{angle girat}}{\text{temps}}$$

$$v = \omega \cdot r$$

1. Expressa 135 km/h en metres per segon.
2. Expressa aquestes quantitats en notació científica:
70 300 000; 0,081; 4 502 000 000; 0,0000098
3. Un autocar es desplaça per una carretera des del quilòmetre 120 fins al quilòmetre 160 en un temps de 30 min. Determina'n la velocitat mitjana.
4. La gràfica posició-temps d'un MRU és una línia recta. De què depèn la seva inclinació?
5. Un patinador descriu un MRU amb una velocitat de 15,4 m/s. Quina distància recorre en 3 min?
6. Com varia en funció del temps la velocitat d'un mòbil en caiguda lliure?

7. Una motocicleta accelera des del repòs i assoleix una velocitat de 104,4 km/h en 10 s. Calcula la distància recorreguda en aquest temps.
8. Quan comencem a comptar el temps, un mòbil parteix del repòs amb una acceleració de 2 m/s².
 - a) Representa la gràfica velocitat-temps des de $t = 0$ a $t = 5$ s.
 - b) Representa la gràfica posició-temps des de $t = 0$ a $t = 5$ s.
9. Des del terra, llancem una pilota verticalment i cap amunt amb una velocitat de 20 m/s. Calcula la velocitat i l'altura al cap d'1 s.
10. Uns cavallets giren a una velocitat angular de 0,42 rad/s. Determina la velocitat lineal d'un cotxe de bombers situat a 4 m del centre.