

1. L'estudi del moviment

Un cos es mou quan canvia de posició al llarg del temps.

1.1 La posició i el moviment

Per descriure el moviment d'un cos, s'ha de fer servir un **sistema de referència**:

- Si el moviment ocorre en **una direcció**, n'hi haurà prou amb un sistema de referència compost per un **eix i un origen de coordenades (O)**, que prenem com a punt de referència.
- Si el moviment ocorre en un **pla**, necessitarem **dos eixos de coordenades perpendiculars**, X i Y, la intersecció dels quals és l'origen de coordenades (O), que prenem com a punt de referència.

El lloc en què es troba un cos respecte del sistema de referència s'anomena **posició**. La posició s'indica mitjançant nombres anomenats **coordenades**.

Diem que un cos, anomenat mòbil, es mou quan canvia de posició.

La posició depèn del sistema de referència escollit. Per això es diu que **la posició és relativa**. Igualment, com que el moviment és el canvi de posició, aquest canvi és també relatiu i per això també **el moviment és relatiu**.

1.2 Trajectòria, desplaçament i espai recorregut

- La **trajectòria** és la línia que uneix les successives posicions que va assolint el mòbil al llarg del seu moviment.

Segons com sigui la trajectòria es parla de:

- **Moviment rectilini** quan el mòbil es desplaça en línia recta.
- **Moviment circular** quan el mòbil es desplaça segons una circumferència.
- L'**espai recorregut** és la longitud de la trajectòria, que, en el sistema internacional d'unitats (SI), es mesura en metres (m).
- El **desplaçament** és un **vector** que uneix les posicions inicial i final del mòbil. En el SI es mesura en metres (m).
- El desplaçament es calcula:

$$\Delta x = x(\text{final}) - x(\text{inicial}) \text{ o } \Delta \mathbf{x} = \mathbf{x}_t - \mathbf{x}_0$$

1.3 La velocitat

- La velocitat mitjana relaciona el desplaçament del mòbil amb el temps emprat. En un moviment rectilini:

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- La **velocitat instantània** és la velocitat d'un mòbil en cada instant de temps.

En el SI, la velocitat s'expressa en **metres per segon (m/s)**.

Segons com sigui la velocitat, els moviments poden ser:

- **Uniformes**: quan la velocitat és constant.
- **Variats**: quan la velocitat canvia.

1.4 L'acceleració

- L'acceleració mitjana (a_m) és l'increment de velocitat per unitat de temps.

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

- L'acceleració instantània és la que experimenta un mòbil en cada instant de temps. En el SI, l'acceleració s'expressa en **metres per segon al quadrat (m/s^2)**.

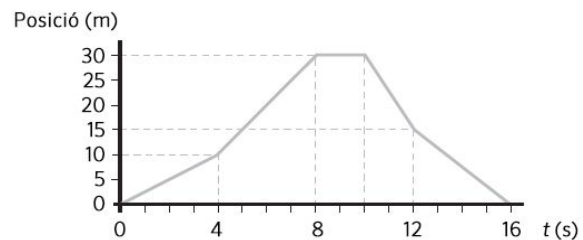
Activitats

- 1-Una noia va en tren mirant per la finestra i veu els arbres que es van quedant enrere. Qui s'està movent, la noia o els arbres?
- 2-Fes un esquema en el pla del moviment següent: surts de casa (origen de coordenades) cap a casa d'un amic (4 km cap a dalt). Després vas al parc (3 km cap a la dreta) i finalment tornes a casa pel mateix camí. Quin es l'espai total recorregut? I el desplaçament?
- 3-Un cotxe es mou de Barcelona a Lleida a 173 km de distància, però als 45 minuts de viatge s'atura en una benzinera situada a 80 km de Barcelona. S'espera 40 minuts i després reprèn el viatge i arriba a Lleida 40 minuts més tard.
 - a. Quina és la velocitat mitjana del cotxe en la primera meitat del viatge?
 - b. Quina és la velocitat mitjana de tot el recorregut?

4-

Un mòbil es desplaça d'acord amb la representació gràfica x-t(posició-temps) següent:

- a. Explica el tipus de moviment (uniforme o variat) que té el mòbil en cada tram del recorregut.
- b. Calcula la velocitat mitjana de cada tram.
- c. Per què obtenim velocitats negatives?



- 5-Un ciclomotor va pel carrer i en veure un obstacle davant seu frena, de manera que passa de 15 m/s a 0 m/s en tres segons. Quina ha estat la seva acceleració mitjana?

2. El moviment rectilini uniforme

El moviment rectilini uniforme (MRU) és un tipus de moviment en què la velocitat no canvia i la trajectòria és rectilínia.

Com que la **velocitat** no canvia, llavors la velocitat instantània i la velocitat mitjana coincideixen.

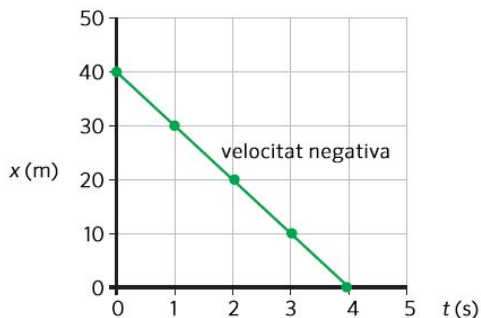
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

L'equació de la posició és una funció lineal:

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

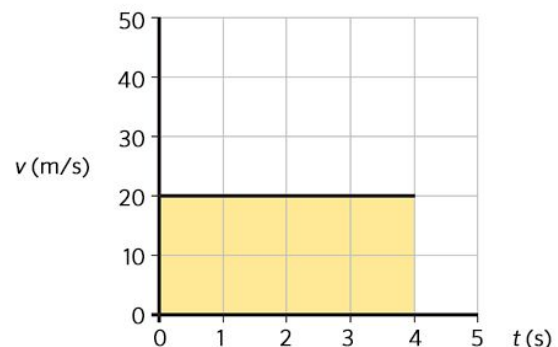
2.1 Els gràfics en el MRU

El **gràfic x-t** (posició-temps) és una recta, el pendent de la qual correspon a la velocitat. A mesura que augmenta el pendent, augmenta la velocitat. Si el pendent és negatiu, la velocitat serà negativa.



El **gràfic v-t** (velocitat-temps) és una recta horitzontal, perquè la velocitat no canvia a mesura que passa el temps.

L'**àrea** determinada pel gràfic v-t d'un MRU permet calcular el **desplaçament** del mòbil.



2.2 i 2.3 Moviment de mòbils que es desplacen amb MRU

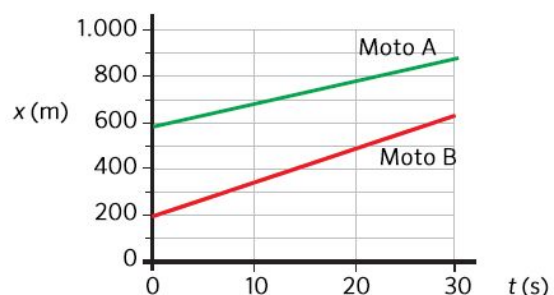
Per resoldre problemes de mòbils que es desplacen amb MRU, es pot seguir el procediment següent:

- Es fa un esquema del problema tot indicant l'origen del sistema de referència i l'eix.
- S'expressen les dades en les mateixes unitats.
- S'escriu per a cada un dels mòbils l'equació del moviment.
- Se substitueixen les dades en les equacions tenint en compte la direcció i el sentit de les magnituds vectorials.
- Es resol l'equació o sistema d'equacions.
- Ens assegurem que els resultats són coherents i tenen les unitats adequades.

Activitats

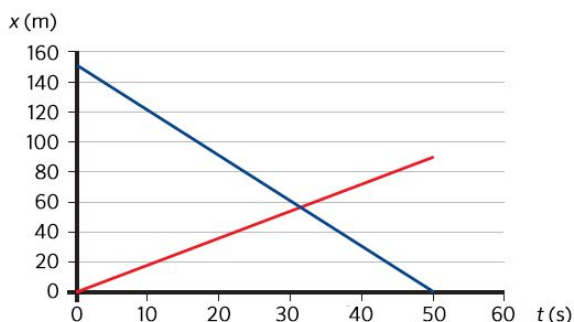
6-El gràfic següent mostra el moviment de dues motocicletes:

- Quin tipus de moviment descriu cada mòbil? Justifica la resposta.
- Calcula la velocitat dels dos mòbils.
- Escriu les equacions del moviment respectives.
- En quin instant la moto B atraparà la moto A?



7-Anant en bici a l'institut tardes 12 minuts. Si vas a 15 km/h i suposant que segueixes un MRU, a quina distància de casa teva es troba l'institut?

8-El gràfic següent correspon a dos mòbils que es desplacen segons una trajectòria rectilínia:



- El gràfic següent correspon a dos mòbils que es desplacen segons una trajectòria rectilínia:
- En quin instant i posició es troben?
- Construeix en els mateixos eixos el gràfic v-t dels dos mòbils.

3. El moviment rectilini uniformement accelerat

El moviment en què la trajectòria és una línia recta i l'acceleració és constant rep el nom de **moviment rectilini i uniformement accelerat(MRUA)**.

- Equació de la velocitat** en funció del temps. És una funció lineal:

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

Igual que en MRU, l'àrea que determina el gràfic v-t coincideix amb el desplaçament fet pel mòbil.

- Equació de la posició** en funció del temps. És una funció parabòlica:

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

- Equació que relaciona la velocitat i el desplaçament:

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

3.1 Moviment de dos mòbils amb MRUA

Per resoldre qualsevol problema en el qual intervé un o més mòbils amb qualsevol tipus de moviment uniforme o uniformement accelerat és molt important tenir clar quin és el tipus de moviment de cada mòbil i utilitzar l'equació de moviment que li correspon.

Activitats

9-Una persona es posa a caminar amb una acceleració de 0, 2 m/s². Quina distància ha recorregut en 6 s? Amb quina velocitat va?

10-Una esquiadora de fons surt del repòs i, amb ajuda dels pals, s'impulsa per aconseguir una acceleració de 0,3 m/s². Quina velocitat assoleix dos minuts després? Fes els gràfics x-t, v-t i a-t del moviment.

11-Un patinador es desplaça en línia recta a 12 km/h i en 2 s redueix la seva velocitat fins als 2 m/s.

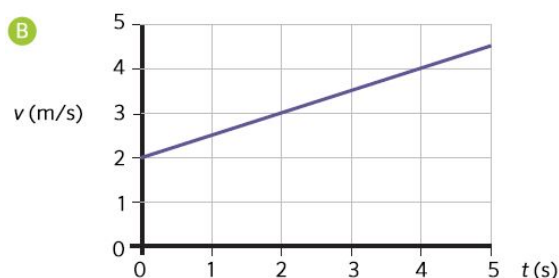
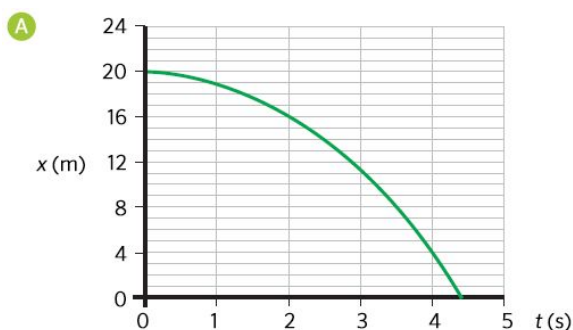
- Quina és l'acceleració de frenada?
- Què indica el signe del resultat?

c. Quina distància ha recorregut?

12-Un cotxe i un camió estan separats 50 m. El camió és mou amb un MRU a una velocitat de 54 km/h mentre que el cotxe, que estava inicialment aturat, arrenca amb una acceleració de 1,6 m/s² que manté constant.

- Quant de temps tarda el cotxe a atrapar el camió? En quin punt l'atrapa?
- Quina velocitat tindrà cada vehicle en el moment que es trobin?

13-Els gràfics mostren el moviment de dos mòbils, A i B:



- Quin tipus de moviment té cada mòbil?
- Escriu les equacions de la posició i velocitat respectives.
- Quin dels dos mòbils s'haurà desplaçat més durant els primers 4 s?
- Quina serà la velocitat del mòbil B als 8 s?

4. Les forces i el moviment

Per calcular l'acceleració també es pot utilitzar la segona llei de Newton: $F = m \cdot a$

- Si la força resultant, F , és **constant i paral·lela** a la direcció del moviment, el moviment resultant és un **MRUA**.
- Si la **força resultant, F** , és **nul·la**, el mòbil està parat o es mou segons un **MRU**.

Activitats

14-Un cos de 1.000 kg que està a terra està sotmès a una força paral·lela al terra de 300 N durant 5 s. Si no hi ha fregament amb el terra:

- Quina és l'acceleració que adquireix?
- Quina velocitat tindrà al cap de 5 s?
- Quina distància haurà recorregut?

15- A un cos de 50 kg que està sobre una superfície horitzontal se li aplica una força, també horitzontal, de 100 N. Si la força de fregament és de 40 N, determina:

- L'acceleració que adquireix el cos.
- La velocitat al cap de 8 s si ha sortit del repòs.
- La posició al cap de 8 s.

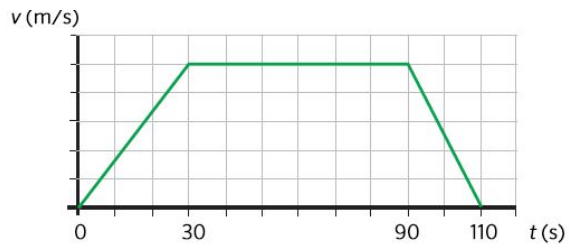
16-Un armari de 80 kg és empès amb una força de 700 N. Si el coeficient de fregament amb el terra és de 0,7:

- Quina és l'acceleració de l'armari?
- Quina distància ha de recórrer per assolir una velocitat de 10 m/s?

17-Un bloc de fusta de 80 kg es mou a 10 m/s per una pista de gel sota l'acció d'una força constant de 100 N. Si el coeficient de fregament amb el gel és de 0,5:

- Quina és l'acceleració del bloc?
- Quant temps tardarà a aturar-se?

18-El gràfic següent mostra el moviment d'un cotxe de 1.200 kg:



- Descriu el moviment del cotxe en cada tram.
- Calcula la força que rep el cotxe en cada tram.
- Calcula la distància total que ha recorregut el cotxe.

5. El moviment de caiguda lliure

Quan deixem caure un cos des de certa altura, va augmentant progressivament la seva velocitat. L'increment de velocitat que es produeix és el mateix en cada unitat de temps: 9,8 m/s cada segon, a la superfície de la Terra. És a dir, té una acceleració constant, anomenada **acceleració de la gravetat**, que es simbolitza amb la lletra **g**.

Si considerem un sistema de referència en què l'eix positiu va dirigit cap amunt, l'acceleració a en caiguda lliure serà: $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$.

Com que la caiguda lliure és un MRUA, les equacions del moviment que la descriuen són les mateixes que les del MRUA.

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \cdot 9,8 t^2$$

$$v = v_0 + g t = v_0 - 9,8 t$$

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

Activitats

19-Es llança un objecte des de terra cap amunt amb una velocitat de 25 m/s.

- Quant temps tarda a arribar a l'altura màxima?
- A quina altura màxima arriba l'objecte?

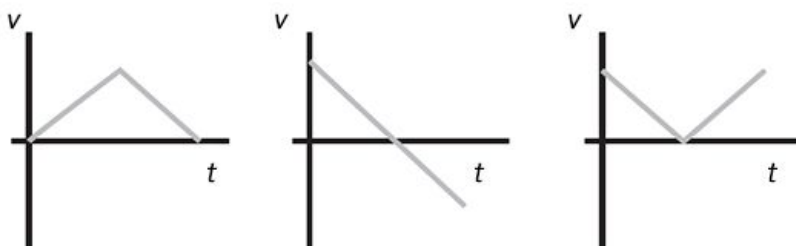
20-Un globus es troba aturat a 80 m d'altura i a un dels ocupants li cau el mòbil.

- Quant temps tardarà el mòbil a arribar a terra?
- Si el globus pugés a 2 m/s, quant tardaria ara el mòbil a impactar a terra?

21-Deixem anar un objecte des del terrat d'un edifici i observem que tarda 2,5 segons a xocar amb el terra.

- Amb quina velocitat arriba a terra?
- Quina és l'alçada del terrat?

22-Estàs jugant a futbol i xutes la pilota verticalment cap amunt de manera que, en caure, torna al teu peu. Explica quin dels tres gràfics següents descriu aquest moviment.



6-El moviment circular uniforme

El **moviment circular uniforme (MCU)** es caracteritza perquè la seva trajectòria és una circumferència i el mòdul de la velocitat és constant.

6.1 Posició, desplaçament angular i longitud d'arc

Per identificar la posició d'un objecte necessitem saber l'angle que ha recorregut a mesura que es mou, és a dir, el **desplaçament angular φ** . La unitat amb què es mesura aquest angle en el SI és el **radian (rad)**:

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

L'espai recorregut o longitud d'arc es calcula multiplicant l'angle recorregut φ pel valor del radi r : $s = \varphi \cdot r$

6.2 Velocitat angular i lineal

- La **velocitat angular (ω)** en un MCU es calcula dividint el desplaçament angular pel temps:

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

La velocitat angular ω es mesura en el SI en **radians per segon (rad/s)**. Sovint, però, també es mesura en **revolucions per minut (rpm)**.

- L'**equació de la posició** ve donada per l'equació:

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

- La **velocitat lineal (v)** és l'arc recorregut per unitat de temps, es mesura en metres per segon, i es calcula amb la fórmula:

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

Es relaciona amb la velocitat angular de la manera següent:

$$v = \omega \cdot r$$

6.3 Període i freqüència

El **període (T)** és el temps que tarda el mòbil a donar una volta sencera. En el SI es mesura en segons.

La **freqüència (f)** és el nombre de voltes que fa el mòbil en cada unitat de temps. En el SI es mesura en Hz, en què

La freqüència i el període són inversament proporcionals:

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

La velocitat angular ω es relaciona amb el període T per mitjà de l'equació:

6.4 L'acceleració i la força centrípeta

En el moviment circular, el canvi constant en la direcció de la velocitat provoca una **acceleració centrípeta o normal (a_c)** que es calcula:

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

En què v és el mòdul de la velocitat lineal del cos i r el radi de la trajectòria.

Segons la segona llei de Newton, aquesta acceleració ve donada per una força que actua en la mateixa direcció i sentit i que s'anomena **força centrípeta (F_c)**:

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

Activitats

23-Un mòbil descriu un MCU de 2 m de radi. A l'instant $t = 0$ s, l'angle inicial és de 3 rad i quan el temps és de 5 s, l'angle val 5 rad. Quina és la velocitat angular del mòbil? I la lineal?

24-Calcula l'angle recorregut en 5 s per un mòbil que té una velocitat lineal de 6 m/s i fa un MCU de 4 m de radi. Quina és l'acceleració normal?

25-Una ciclista va per la carretera a 36 km/h. Si el radi de la roda és de 40 cm:

- Quina és la velocitat angular de la roda?
- Quin desplaçament angular fa la roda en 5 minuts? Quantes voltes fa en aquest temps?

26-Una atracció de fira consisteix a donar voltes sobre un disc. Si l'atracció fa mitja volta cada dos segons, calcula:

- El període i la freqüència.
- La velocitat angular en rad/s.
- L'acceleració i la força centrípeta d'un punt de 50 kg de massa situat a 5 m del centre de rotació.

Mapa conceptual