

Tot es mou!

Unitat didàctica per l'estudi del moviment

Física i Química 4t ESO



Grup DIATIC



Tot es mou, unitat didàctica per a l'estudi del moviment, creada per Julio D. Pérez, M. José Espí i Araceli Cabrero dins del grup de treball DIATIC es distribueix sota una llicència Creative Commons Atribució-
NoComercial-SenseDerivar 4.0 Internacional
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

TOT ES MOU!!

Tot seguit et proposem un repte, conèixer alguns dels millors corredors del món. Aquests corredors no són atletes d'elit, no fan cap entrenament especial, però en canvi són capaços de córrer centenars de quilòmetres.

Córrer és una forma de moure's, és un moviment rítmic i repetitiu, que es produeix per una interacció de forces. D'aquestes, unes l'afavoreixen, i d'altres el perjudiquen. Però, què és el moviment? Com el podem descriure? Com és mesura? Quan ens movem? I, finalment, on ens movem?

En les properes classes desenvoluparem els continguts necessaris perquè puguis donar resposta a aquestes preguntes i algunes més. La part de la Física que s'encarrega d'estudiar i descriure el moviment s'anomena Cinemàtica.

1. Un poble d'ultrafondistes

Els tarahumares són un poble indígena del nord de Mèxic, que viuen aïllats de la societat, i són reconeguts com els millors corredors de grans distàncies del món.

La seva llengua és coneguda com rarámuri. Tarahumara és la castellanització de rarámuri, que significa "corredors" o "peus lleugers". Córrer forma part de la seva vida, però córrer molt! Poden fer fàcilment curses de centenars de quilòmetres. Corren de puntetes, amb passes curtes i ràpides, i ho fan amb un calçat tipus sandàlies, consistent en una sola de pneumàtic o similar, lligada amb un cordill.



Figura 1. Calçat dels tarahumares

Usar aquest calçat és el més similar a córrer descalç, i fer-ho així és molt diferent a fer-ho amb sabatilles d'esport. La biomecànica ens ajudarà a entendre aquesta diferència, ja que estudia els moviments del cos i les forces que actuen sobre ell.

En el següent enllaç podeu veure el documental "Nascuts per a córrer", inspirat en el llibre de Christopher McDougall del mateix títol. Parla sobre els Tarahumara i les diferents maneres d'encarar l'activitat física, l'alimentació, etc.

<http://www.youtube.com/watch?v=FOFj6nAQU2w>

Una cursa alterna diferents fases, fase de suport i fase de vol. Per explicar aquesta diferència en l'ús del calçat, ens centrarem únicament en l'anàlisi de la fase de suport. Aquesta fase ha de durar el menor temps possible i s'ha de realitzar amb el mínim d'esforç.

En aquesta fase es produeixen tres accions diferents: impacte, recepció, i impulsió, que no es produiran igual, segons estudis recents de biomecànica del peu, si s'utilitzen sabatilles d'esport o no.

Aquests estudis mostren, en primer lloc, que córrer amb o sense sabatilles determina una manera molt diferent de posar el peu a terra, sobretot en la majoria de corredors amateurs i, en segon lloc, que l'impacte a què està sotmès el peu és diferent corrent d'una manera o d'una altra. En la impulsió, el corredor s'impulsa amb el terra, de manera que la força elàstica proporcionada per la cama es transforma en força de reacció del terra (proporciona la potència per l'enlairament), i serà diferent segons utilitzem sabatilles o no.

Fixa't bé amb aquesta imatge,



Figura 2. Impacte del peu a terra

Amb sabatilles, el corredor recolza a terra el taló. Aquesta és la forma clàssica de recolzament dels corredors amateurs, però això fa que el turmell no intervingui en l'amortiment del suport.

En canvi, el corredor descalç ho fa amb la part mitjana o frontal del peu, una estructura que té més mecanismes d'adaptació i d'atenuació de les forces d'impacte. El contacte del peu amb el terra no es fa amb el genoll estès, sinó flexionat (ajuda a avançar el cos), augmentant així la regularitat del pas i disminuint les pressions.

Si donem suport amb el taló, el genoll ha de retenir la caiguda. La despesa energètica és més gran, perquè els músculs de la cama tenen una massa més gran i també s'ha de fer més esforç per impulsar (més recorregut de contracció). Això suposa més pèrdua de temps, es triga més temps a abandonar el terra, el que redueix la rapidesa.

En el corredor descalç s'observa també que aquest contacte es fa just a la vertical del corredor, facilitant l'avenç dels malucs, i amb això s'aconsegueix que el corredor vagi més ràpid, perquè es perd menys temps a esmorteir les caigudes i en abandonar el terra.

Els Tarahumara, amb aquesta tècnica, fan una despesa energètica menor, tanmateix no és la única raó perquè puguin córrer tants quilòmetres sense aturar-se a menjar. Cal recordar que els velocistes tampoc fan l'impacte amb el taló, de manera que s'asseguren major rapidesa en una cursa.



Ara que parlem de rapidesa, saps què és? Si no ho saps no et preocupis, ho esbrinarem aviat!!!

En tot esport, i en aquest cas concret en una cursa, ens interessa donar resposta a diverses preguntes, relacionades moltes d'elles amb la descripció del moviment. Raona aquestes qüestions amb els teus companys i dóna una resposta.



Per ser el guanyador d'una cursa, s'ha de ser el més ràpid durant tota la cursa? En una cursa de 100 m, què ha de fer un corredor en els primers instants si vol guanyar la cursa? I després?

1.1 Ets mous o no? Cal indicar a què ens estem referint?

En aquesta unitat, l'activitat pràctica començarà al pati. Participaràs en unes curses, competint en diferents modalitats, caminant, corrent, etc... Comencem a preparar-les! Quan estiguis davant del punt de sortida, queda't en repòs sense moure't en escoltar la indicació 3, 2, 1... Si ara et pregunten si estàs en moviment quan escoltes la indicació, la resposta sembla senzilla, oi?



Et mous o no si establim com a punt fix el terra? I si ara et pogués observar algú des de la Lluna? Et mous o no?

En el següent enllaç podràs trobar d'altres exemples, i adonar-te'n de la necessitat de buscar un punt de referència que suposem quiet.

<http://www.educaplus.org/play-237-Sistemes-de-referencia.html>



Apunt teòric

Per decidir si un cos es mou o no necessitem definir un sistema de referència. El canvi de sistema de referència podria comparar-se al canvi de punt d'observació. Un cos que es mou, s'anomena mòbil, i es considera una única partícula, amb tota la massa concentrada en un punt.

Un **Sistema de referència (SR)** el formen el conjunt de coordenades d'espai i temps que permeten determinar la posició d'un mòbil a l'espai.

Activitat 1 Tens una sortida amb la classe, i has d'agafar un autobús que surt des de l'institut i et portarà al lloc desitjat. Seus, l'autobús arrenca i observes des del teu seient la resta de companys que estan amb tu a l'autobús. Indica en quines situacions et mous o no:

- Si prens com a referència el teu seient.
- Si prens com a referència un arbre que hi ha a la carretera.
- Si prens com a referència un arbre que hi ha a la carretera i ara estàs caminant pel passadís.
- Si prens com a referència el teu seient i estàs caminat pel passadís.
- Si prens com a referència un company que s'està movent.
- Si ets prens com a referència a tu mateix i estàs assegut i veus un company que es mou pel passadís: tu estàs _____ i ell està _____

Activitat 2 Un transatlàntic ha sortit de la bocana del port de Barcelona. Sobre la seva coberta, una noia està muntada en un patinet que es mou al mateix ritme que el transatlàntic però ho fa en sentit contrari. Des de la platja, amb uns prismàtics, un turista la mira i veu que està immòbil. Si li preguntem a la noia si està quieta, contestaria que no, que està amb moviment. Qui té raó, el turista o la noia? Explica-ho

1.2 Com indiquem la posició?

Una vegada has escollit el sistema de referència, per saber si et mous o no caldrà determinar la teva posició. En el teu cas, el sistema de referència és el terra, i ara hauràs d'escollir un origen. Per simplificar, escollirem el punt de sortida de les teves curses, i li assignarem la posició 0. A partir d'aquest origen, i si considerem que ens movem únicament al llarg d'una línia recta, podem definir la resta de posicions per les que aniràs passant al llarg del recorregut. On situaràs les fites per marcar les diferents posicions: a la dreta o a l'esquerra de l'origen? Creus que hi ha alguna diferència? Quina?

Activitat 3 En una de les teves curses, de 20, m aniràs caminant a ritme constant, seguint sempre la mateixa direcció i sentit. Fixa't en la imatge següent i, indica per cadascun dels regles, les posicions en metres quan passis pels punts A, B, C i D, si prens com a origen el punt O. Què observes?

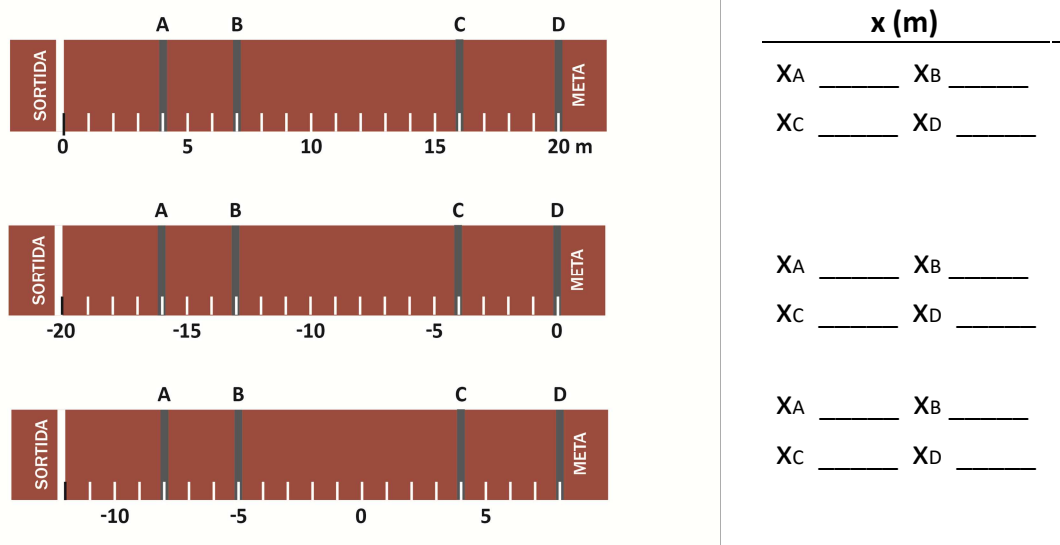


Figura 3. Cursa de 20 m amb diferent origen (O)

Com has comprovat en aquesta activitat, la posició és una magnitud que depèn del SR, i, s'expressa, en el SI, en metres.

Activitat 4 A partir d'aquest applet contesta les següents qüestions.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/moving-man>

- Col·loca l'home en la posició inicial 0 m. Quina és la posició quan han passat 2, 4

i 6 s? L'home camina a ritme constant cap a la dreta, amb un ritme tal que cada segon recorre una distància d'1.5 m.

- Fes la mateixa qüestió d'abans, però ara canvia el sentit del moviment.

Ara ja coneixem que cal situar un lloc des d'on observem i mesurem.

1.3 Com podem representar el camí seguit per un corredor en el seu moviment?



Com creus que seran les trajectòries de les teves curses de 20 m?

😊 Apunt teòric

La **trajectòria** és la línia imaginària que descriu un mòbil en desplaçar-se respecte a un sistema de referència. Segons la trajectòria, els moviments poden ser:

- rectilinis, el camí seguit és una recta.
- curvilinis, el mòbil canvia la direcció a mesura que avança.

Activitat 5 Observa les dues figures següents:

- Dibuixa en quina direcció continuarà el moviment d'aquesta pilota de basquet (Fig. 4).
- En la Fig. 5 la jugadora vol fer rodar la pilota de golf, que es troba a pocs metres del forat, i per això la colpeja amb el "putter", pal que s'empra majoritàriament sobre el "green", com és aquest cas. Dibuixa la trajectòria que seguirà l'extrem del pal i la que seguirà la pilota en ser colpejada.



Figura 4. Llançament de tir lliure



Figura 5. Llançament de la golfista amb "putter"

😊 Apunt teòric

El **desplaçament** és la distància en línia recta entre la posició inicial i final d'un mòbil. És el camí més curt entre els punts de partida i arribada i, pot ser positiu o negatiu depenent del sentit del moviment o zero si torna al punt de partida. En el SI es mesura en metres.

Activitat 6 La vagoneta d'aquesta muntanya russa (Fig. 6) surt del punt A i arriba al punt B.

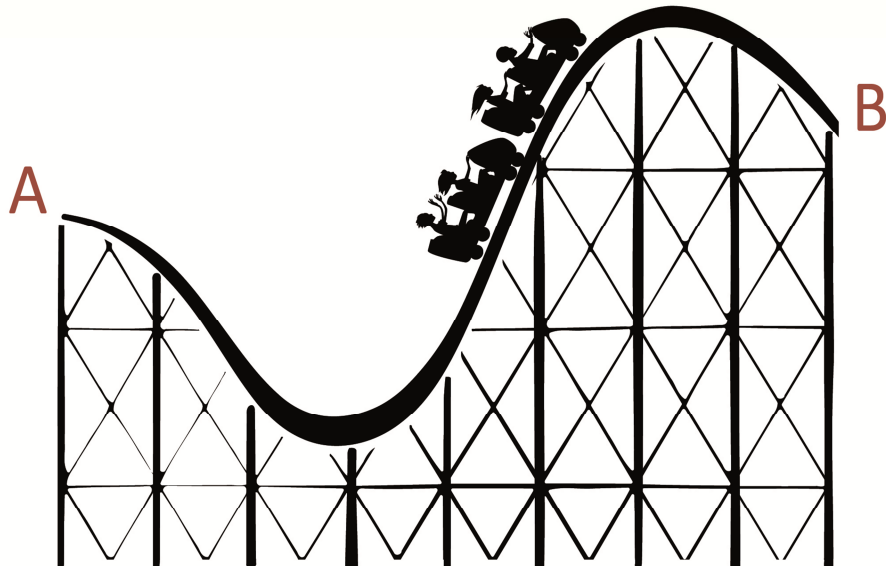


Figura 6. Moviment d'una vagoneta en una muntanya russa entre dos punts A i B

Respon les qüestions següents raonant les teves respostes.

- Dibuixa la trajectòria entre el punt de sortida A i el punt d'arribada B. Coincideix amb el desplaçament realitzat per la vagoneta?
- Què és més gran quan la vagoneta es mou des de A fins a B, el desplaçament o la distància recorreguda? En algun cas podrien ser iguals? Quan?
- Pots imaginar un cas en què el desplaçament sigui nul? Quan?
- El desplaçament quan la vagoneta es mou des de A fins a B és el mateix que si es mou des de B fins a A? Per què?

Activitat 7 Com cada dia de dilluns a divendres, vas a l'institut des de casa teva. Tria tres camins per anar-hi i, cerca amb google maps l'espai recorregut i el desplaçament en cada ruta. Segueix els passos següents:

- Entra a la pàgina <https://maps.google.com>
- Identifica't i vés-hi a "Els meus llocs"
- Escull la opció "Crear mapa"
- Seguidament tria la zona i amplia-la.
- A continuació, per marcar la ruta, afegeix un marcador, que indica el lloc on es troba l'institut.
- Després, tria la opció "Dibuixa una línia" i escull el recorregut fins casa teva.
- Finalment, amb l'opció mesura distàncies i àrees, indica l'espai recorregut.
- Per últim, fes-hi el mateix pel desplaçament, utilitzant l'opció mesura distàncies i àrees, entre l'institut i casa teva.

Repeteix tot el procediment, per les altres dos rutes, i omple la taula següent

	<i>Espai recorregut (m)</i>	<i>Desplaçament (m)</i>
Trajectòria 1		
Trajectòria 2		
Trajectòria 3		

Quin és el camí més curt?

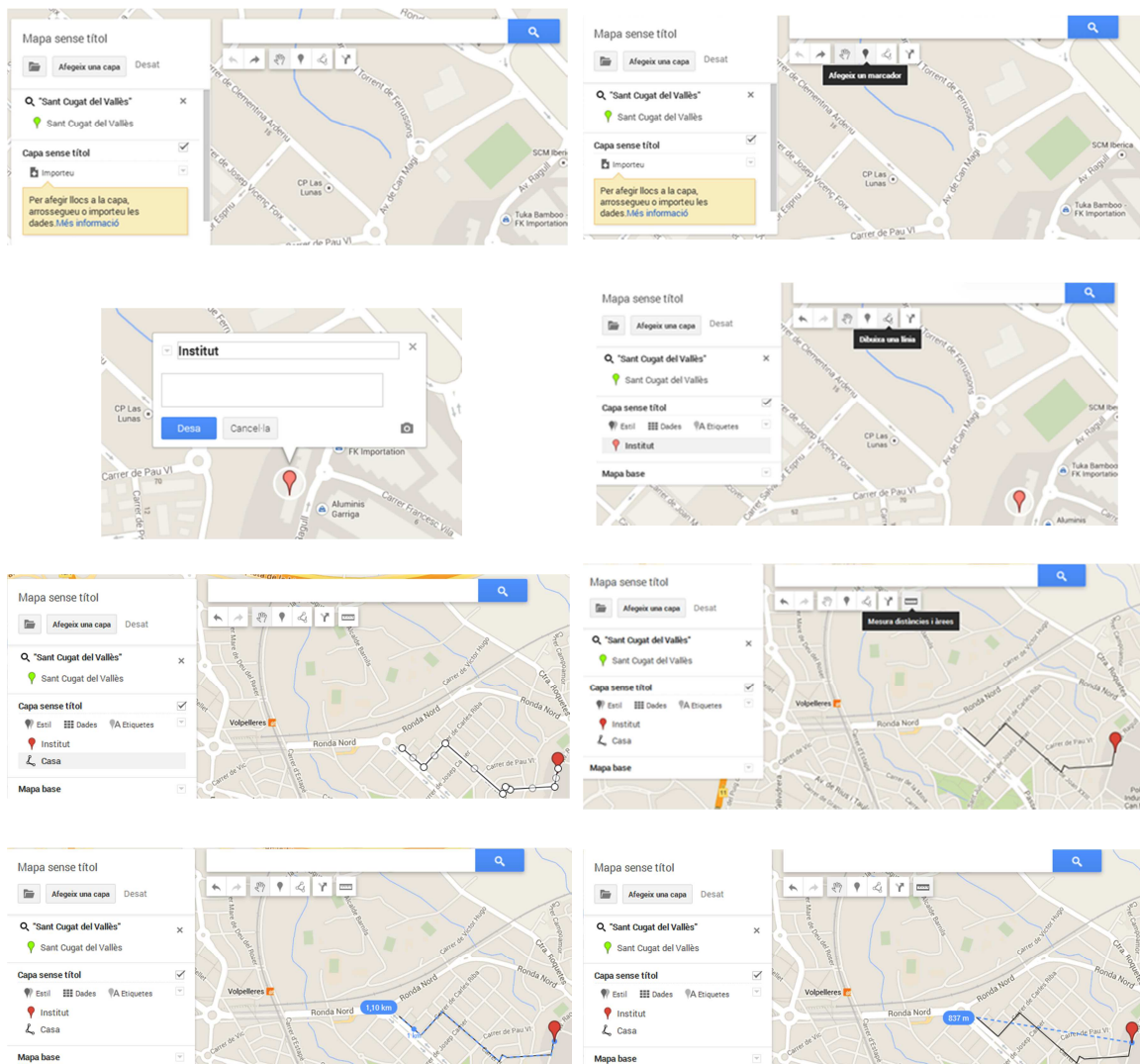


Figura 7. Trajectòria i desplaçament des de casa a l'institut (ordre: esquerra – dreta / dalt – baix).

El següent enllaç et mostra també la diferència entre desplaçament i distància recorreguda.

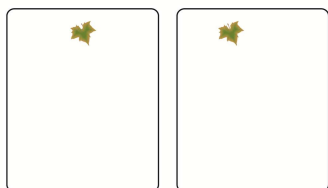
<http://www.educaplus.org/play-292-Distancia-y-desplazamiento.html>

1.4 El camí seguit per un objecte, també és relatiu?

Activitat 8 Imagina que estàs al patí a prop d'un arbre, és l'hora d'esmorzar i una companya s'apropa corrent cap a tu (Fig. 8). En aquest moment cau una fulla de l'arbre que tens al costat. Quin és el camí de caiguda de la fulla que observareu cadascú, si no teniu en compte les possibles oscil·lacions degudes a l'aire?



Figura 8. Moviment relatiu d'una fulla



Dibuixa en els requadres anteriors, el camí seguit en cada cas.

En els següents enllaços podràs comprovar la relativitat del moviment.

- http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/animaciones_files/relativo6.swf
- http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/animaciones_files/tiovivo.swf

1.5 Com podem representar gràficament les nostres curses? Els gràfics posició – temps.

Si poguéssim conèixer les diferents posicions al llarg del temps, estaríem en condicions de descriure i fer prediccions de les diferents curses, mitjançant una representació gràfica, com ja has fet a matemàtiques. L'eina que ens permet això són els gràfics posició – temps. Un gràfic posició-temps ($x-t$) representa en l'eix vertical (d'ordenades) la posició (x), i en l'eix horitzontal (d'abscisses), el temps transcorregut (t) des de l'inici del moviment perquè el mòbil hagi arribat a una posició determinada.

Observa les següents imatges (Fig. 9),

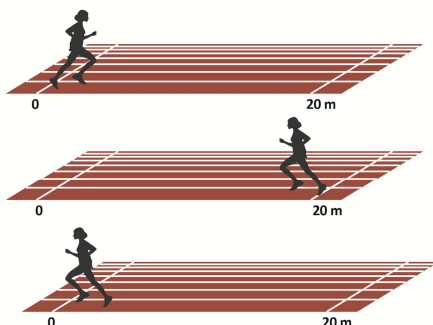
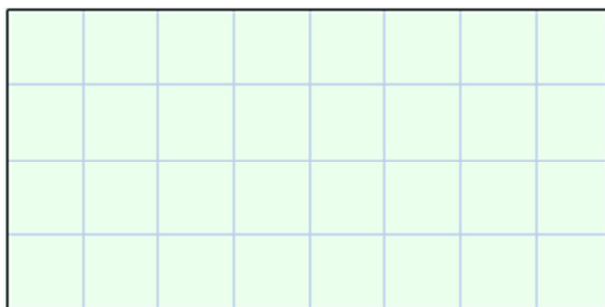


Figura 9. Curses de 20 m a diferents ritmes



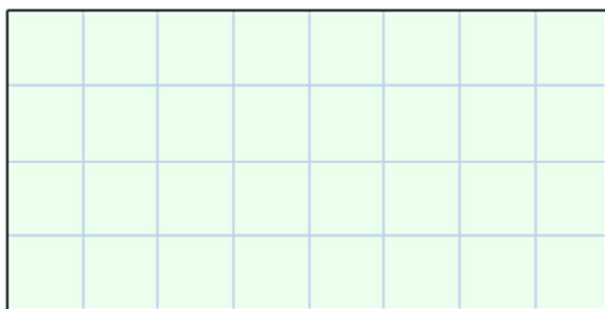
Quina gràfica posició-temps creus que s'obtindrà quan t'allunyes del punt sortida **corrent** a ritme constant i en línia recta en una cursa de 20 m? Compte!!! El que representes no és la trajectòria, sinó com varia la posició amb el temps. Dibuixa el gràfic de la teva predicció.



Gràfica 1. Cursa de 20 m **corrent** a ritme constant



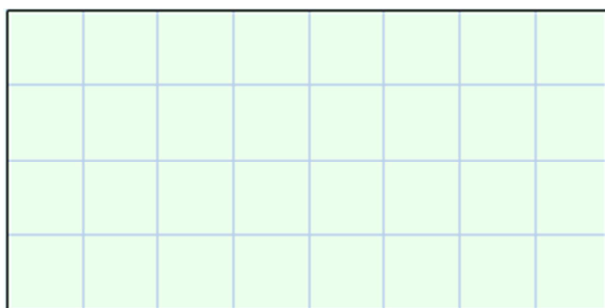
Quina gràfica posició-temps creus que s'obtindrà si ara t'apropes al punt de sortida des de la meta però ara ho fas **caminant** a ritme constant? Dibuixa el gràfic de la predicció d'aquest moviment



Gràfica 2. Cursa de 20 m **caminant** a ritme constant



Ara estàs aturat en el punt de sortida. Quina gràfica posició-temps creus que s'obtindrà? Dibuixa el gràfic de la predicció d'aquest moviment.

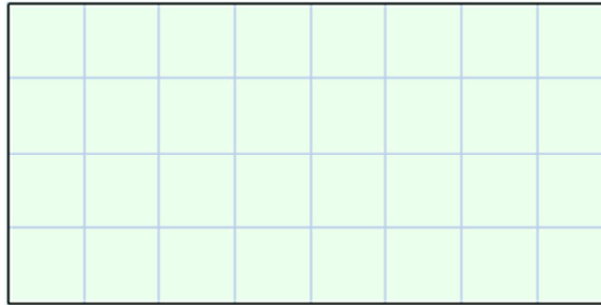


Gràfica 3. Aturat en cursa de 20 m



Què observes? Fes una descripció del teus gràfics i recorda incloure quina forma tenen. Per què tenen aquesta forma? Ara amb el teu grup, escriu allò que trobes igual i diferent entre les gràfiques que cadascú ha dibuixat.

Activitat 9 Ara has de treballar en parella. Dibuixa un gràfic posició-temps, i desafia al teu company a que es mogui segons la representació gràfica. Recorda que el moviment ha de ser rectilini i a ritme constant.



Seguidament, construeix a partir del gràfic la taula posició-temps pels primers 10 segons del moviment. A partir d'aquesta taula, respon les qüestions següents:

- Quin ha estat el desplaçament total? De quin signe és aquest desplaçament? Per què?
- Coincideix el desplaçament amb l'espai recorregut? Raona-ho.
- En cas que en disposis, registra amb l'ajuda d'un sensor de posició el moviment del teu company intentant reproduir l'esquema present al gràfic. A partir de les dades de posició i temps, fes la representació gràfica, tot i tenint en compte les escales dels eixos per poder comparar-les. En quin grau s'ajusta el moviment registrat amb el sensor a la proposta que havia de reproduir el company?



Activitat de síntesi 1

Tres amics volen participar a la darrera edició de la Marató de Barcelona. Els tres pertanyen al club d'atletisme de la seva localitat, i surten a córrer periòdicament. Per preparar-se de forma més intensa i poder planificar correctament l'entrenament per la marató, un d'ells decideix provar primer les seves forces corrent la Mitja Marató, i després comparteix els seus temps parcials amb els altres dos companys (Fig. 10):



Figura 10: temps parcials a la Mitja Marató

A partir de les dades que proporciona aquesta imatge, respon les següents qüestions:

- el recorregut senyalitzat, correspon al desplaçament del corredor o a la trajectòria que va seguir? Quin va ser el seu desplaçament total?
- quina va ser la seva marca personal en aquesta cursa?
- construeix la taula posició-temps del corredor i representa-la gràficament.
- Podries calcular el temps mig en què va recórrer un quilòmetre?
- podries fer un càlcul de la distància que va recórrer per la Gran Via de les Corts Catalanes? Quant de temps va estar corrent aproximadament per aquest carrer? Pots aprofitar l'eina de <https://maps.google.es/>

L'organització de la prova també proporciona les dades d'altimetria de la cursa (Fig. 11)



Figura 11: Altimetria del recorregut de la Mitja Marató

f) A partir de l'anàlisi de les dues imatges, podries dir on es troba localitzat, de forma aproximada, el punt més elevat de la cursa? Quina és la seva altitud sobre el nivell del mar?

g) Quina és l'alçada aproximada sobre el nivell del mar de la cruïlla entre el carrer d'Espronceda i l'Avda. Diagonal? A quin punt quilomètric correspon?

2. Com mesurar el moviment?

Acabem de veure que per a fer l'estudi del moviment d'un cos o un objecte cal tenir mesures de les posicions de l'objecte en uns instants determinats. Hi ha moltes maneres de fer aquestes mesures, des de l'ús d'una cinta mètrica i un cronòmetre fins a l'ús de sensors o càmeres de vídeo. En aquesta activitat treballarem a partir de l'anàlisi dels fotogrames (Fig. 14) d'una seqüència de vídeo, tot analitzant diferents tipus de moviment.



Figura 12. Moviment d'un zoòtrop
<http://cinestesiame.wordpress.com/flipbook-2/>

Per tal d'aprendre a **mesurar el moviment**, no tenim més remei que anar-nos-en al pati ben equipats a fer un experiment. Caldrà que ens organitzem en grups de quatre o cinc, i que ens fem amb **un dispositiu que ens permeti enregistrar una seqüència de vídeo (càmera de vídeo, fotogràfica, telèfon mòbil, tableta ...)**. És **recomanable fer servir un trípode per fer l'enregistrament**, i necessitarem diversos objectes que ens serviran de referències de distància.

2.1 Desenvolupament pràctic

Al pati, cada grup ha de traçar imaginàriament una línia d'entre 20 i 30 metres de llarg, on hauran de situar en llocs **equidistants els objectes que estiguin preparats com a referències de posició (fites)**. És força important que la distància entre les fites (Fig. 13) estigui mesurada acuradament i que sigui la mateixa per a totes elles (1 ó 1.5 m, per exemple).



Figura 13. Exemple de disposició del grup

La persona que s'encarregui de gravar ha de situar-se a una distància tal que pugui encabir al visor del dispositiu de gravació tot el recorregut **sense haver-lo de bellugar** durant la totalitat de l'activitat, per no perdre les referències espacials i poder fer comparacions entre els vídeos. El més recomanable seria la utilització d'un **trípode** o similar, i situar-se de forma centrada en un pla el més perpendicular possible al recorregut dels companys.

Aquesta mateixa persona serà l'encarregada d'anunciar el moment d'inici de la gravació (i del moviment). Una possibilitat és iniciar la gravació i llavors començar a comptar amb un ritme pausat amb nombres negatius ascendents -4, -3, -2, ..., de manera que quan s'arribi a zero el corredor hagi dispost d'uns segons de marge per preparar-se. De forma similar podríem actuar al final, aturant la gravació uns segons després que el corredor hagi finalitzat el recorregut.

A. Caminem ...

En qualsevol experiment, és important construir gràfiques per tal que ens ajudin a treure conclusions i comparar dades de diferents experiències. Naturalment, cal aprendre a construir-les i sobretot a interpretar-les.

Segur que al grup hi ha qui camina més de pressa i qui camina més a poc a poc, però, podem mesurar quant de més ràpid camina un que un altre? Si no esteu segurs de qui és més o menys ràpid, el millor és que graveu dos integrants del grup caminant per separat i després, a partir de l'anàlisi de la seqüència de vídeo, ja compararem els resultats i n'extraurem conclusions. El moviment de cada un ha de ser a un **ritme constant i pausat**, sense córrer ni anar excessivament lents, però seria interessant que intentessin caminar a ritmes diferents.

B. On ens trobem?

Anirem un pas més enllà, i ara repetirem l'activitat anterior però **per parelles**, de manera que cada un surti d'un dels extrems de la línia imaginària delimitada per les fites. De la mateixa manera que abans, cadascú ha de caminar al seu ritme, i aquest hauria de ser constant i sense córrer. Es poden fer diferents gravacions, canviant els integrants de la parella participant.

2.2 Anàlisi de vídeo i extracció de dades

En els casos analitzats, el procés per a obtenir les dades de posició i temps de cada un dels corredors serà equivalent. Bàsicament, consistirà en, a partir de l'anàlisi del vídeo de la cursa, determinar el fotograma en què el corredor passa per cadascuna de les fites que ens serveixen per determinar la posició a la que es troba. D'aquesta manera, per a cada corredor podrem omplir una taula, tenint en compte la distància entre les fites i el moment de la sortida.

Per realitzar aquesta anàlisi del vídeo es pot fer servir qualsevol programa d'edició de vídeo, donat que no volem retocar ni modificar l'arxiu, sinó únicament obtenir informació d'ell. Un llistat de diversos programes, amb les seves característiques més destacades, el podeu trobar a l'adreça

http://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/cursos/tic/dv37/modul_6/practica_2.

També heu de tenir en compte que darrerament estan apareixent molts programes web 2.0, on l'edició es pot realitzar on-line dins de la pròpia web. Tot i que tenen certes limitacions, són una bona eina quan la tasca que hem de realitzar és tan simple com la nostra.

En funció del programa variarà la interfície i la forma de presentar la informació, però en general sempre trobareu (Fig. 14):

- una finestra amb la previsualització del vídeo
- una línia temporal amb la informació de la pista de vídeo i àudio

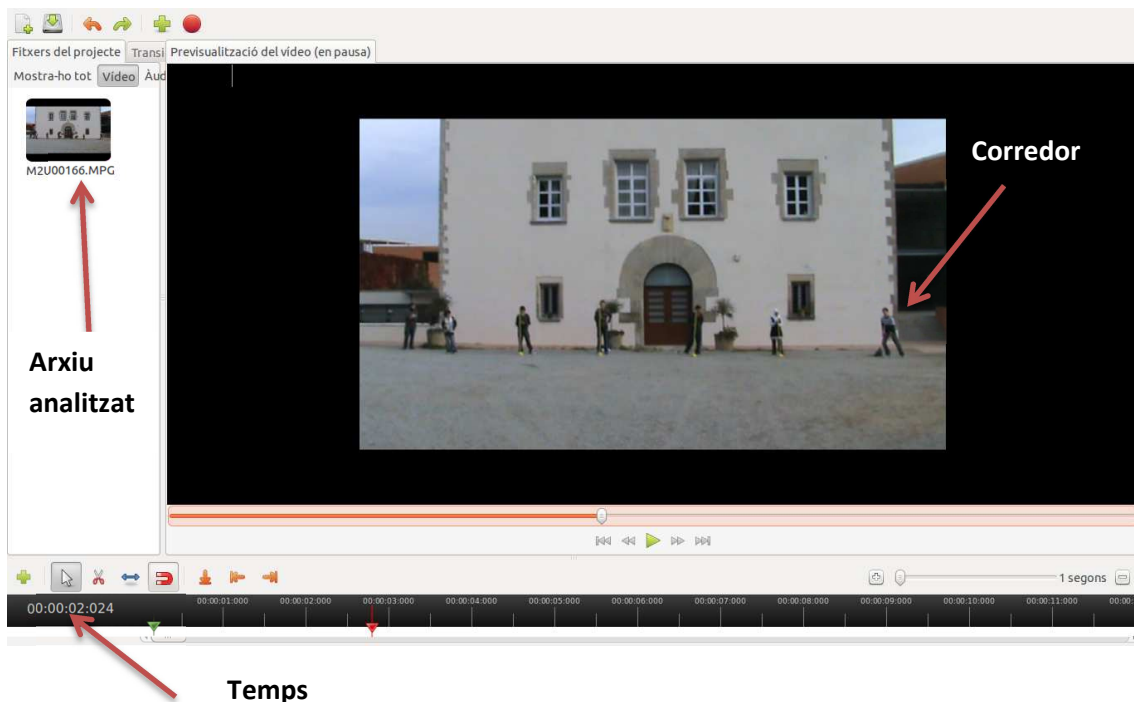


Figura 14. Anàlisi del fotograma corresponent a la sortida de la cursa.

Un exemple de recollida de dades el trobem a la Taula 1, on les fites de posició estan separades 2.5 metres. D'aquesta manera, analitzant els vídeos podem aconseguir les dades de posició i temps dels diversos corredors i completar les taules en tots els casos.

Corredor 1	Sortida	Fita 1	Fita 2	Fita 3	...
Posició (m)	0	2.5	5	7.5	
Temps (s)	2.024	3.029	4.014	5.001	

Taula 1. Exemple de recull de dades a partir de l'anàlisi del vídeo

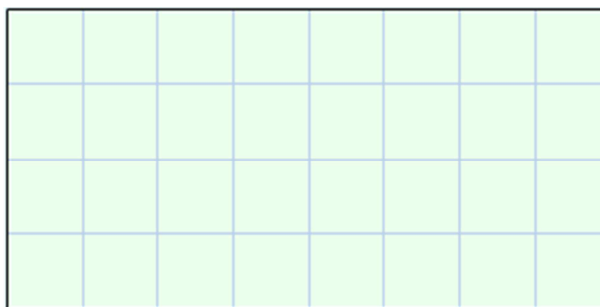
3. Estudiem els nostres moviments

A partir de les dades de la posició i el temps dels nostres moviments anem a aprendre a interpretar els moviments més senzills i definir algunes magnituds cinemàtiques. Per fer-ho anirem treballant amb les dades dels diferents vídeos que vam gravar i analitzar en la sessió anterior.

A. Caminem ...

Activitat 10

- Expliqueu el tipus de moviment que seguíeu intentant utilitzar els conceptes que ja hem definit de moviment .
- Feu les taules posició –temps amb les dades obtingudes en l’anàlisi de la primera filmació.
- Anem a representar en una gràfica el moviment que heu seguit. Per fer-ho representarem sobre els mateixos eixos la posició (eix y) en funció del temps (eix x). Podeu utilitzar colors diferents per representar el moviment de cada un de vosaltres.



- Quina forma té la representació gràfica obtinguda?
- Quina diferència hi ha entre les representacions gràfiques dels moviments dels diferents companys?
- Quina magnitud cinemàtica creus que està relacionada amb aquesta diferència?

😊 **Apunt teòric**

Per tant, quan més ràpid us moveu, més gran és el pendent de la recta que representa el vostre moviment.

En aquesta filmació caminàveu intentant anar a un ritme constant. Aquest moviment és el més senzill que podem estudiar. S'anomena moviment rectilini uniforme (MRU), ja que la trajectòria és una recta i ens movem tota l'estona a la mateixa velocitat.

Definim velocitat mitjana d'un mòbil com:

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

Per tant podem calcular la velocitat d'un cos a partir del càlcul del pendent de la gràfica x-t.



Calcula ara la velocitat mitjana dels teus companys, a partir de les dades que hagi pogut extreure dels vídeos.

B. On ens trobem?

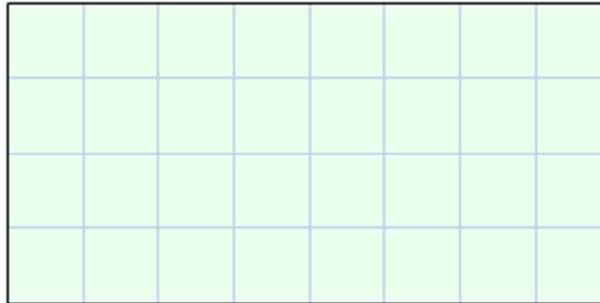
Anem a treballar amb el segon vídeo. Primer haurem d'analitzar-lo amb el programa d'edició per poder obtenir la posició dels dos companys al llarg del temps. Si volem analitzar el moviment dels dos conjuntament hem d'estudiar-los des del mateix punt de vista. Per això caldrà definir el mateix sistema de referència pels dos companys.

- ❖ Feu les taules posició –temps amb les dades obtingudes en l'anàlisi de la segona filmació.
- ❖ Ompliu la següent taula.

Alumne		
Posició inicial (m)		
Posició final (m)		
Posició en què es creuen(m)		
Temps en què es creuen (s)		
Desplaçament fins el moment de creuar-se	$\Delta x =$	$\Delta x =$

Taula 2. Resum de dades dels alumnes que caminen per trobar-se

- ❖ Representeu els moviments dels dos companys que es creuen en el gràfic següent. Utilitzeu un color diferent per cada un.



- ❖ Descriviu les diferències que hi ha entre les representacions gràfiques dels dos moviments.

El moviment que heu seguit es pot expressar mitjançant una equació matemàtica coneguda per vosaltres: una recta.

Una recta és la representació gràfica d'una equació del tipus $y=ax+b$. Trobareu més informació i podreu analitzar les seves característiques amb la següent aplicació:

<http://www.geogebraTube.org/student/m6236>

- ✚ Intenteu, en grups de tres, trobar una equació matemàtica que representi el moviment dels vostres companys.

😊 Apunt teòric

El moviment que estem estudiant, com hem dit anteriorment, s'anomena MRU. Un objecte porta un MRU si la seva trajectòria és una recta i la seva velocitat es manté constant al llarg del temps.

L'equació que descriu el moviment és:

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

on x és la posició del mòbil en un instant de temps t , x_0 és la posició en la que es trobava el mòbil quan hem començat a estudiar el moviment i v és la velocitat a la que es mou el nostre objecte.

En els següents enllaços podràs observar el moviment d'objectes que es mouen amb MRU.

<https://sites.google.com/a/xtec.cat/fageogebra/fisica/cinematica>

Desplaçament i distància recorreguda sobre la trajectòria (repassem el que ja sabem)

MRU: gràfics del moviment (observem el moviment. Ens fixem en els gràfics que representen el moviment).

MRU: persecució de dos mòbils

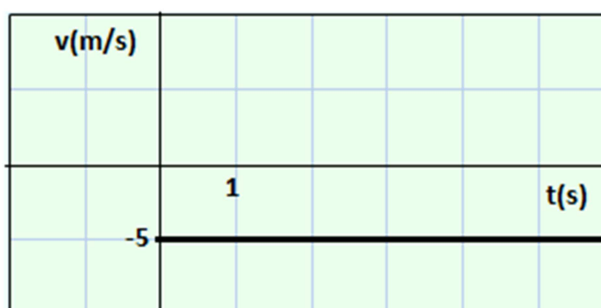
MRU: trobada de dos mòbils

Activitat 11 Escriu les equacions que descriuen el moviment dels companys a les gravacions de l'apartat **A. Caminem...** (pàg. 15).

Activitat 12 Continuem ara treballant amb les gravacions de l'apartat **B. On ens trobem?**

- Escriu les equacions dels moviments de cada company. Indica el sistema de referència que has utilitzat en un esquema i representa les equacions obtingudes en un mateix gràfic.
- Situa l'origen del sistema de referència a l'altre company. Reescriu les equacions dels moviments dels dos i representa-les en un mateix gràfic. Comenta les diferències i semblances amb les obtingudes en l'apartat anterior.

Activitat 13 Què podem dir del moviment que ve descrit per aquest gràfic?

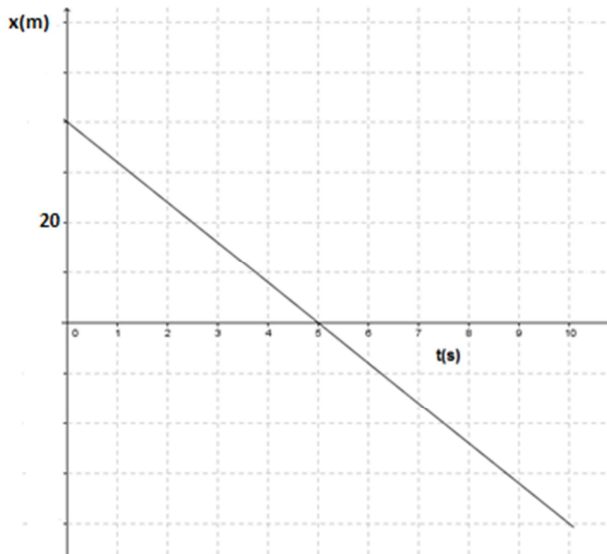


Activitat 14 El cap d'estació és la persona encarregada de coordinar totes les activitats ferroviàries i la màxima autoritat en el tren quan aquest es troba a l'estació. Una de les seves tasques és coordinar l'entrada i sortida dels trens quan aquest romanen o passen per l'estació. Si fem servir el sistema de referència indicat en l'esquema (Fig. 15), explica el moviment dels trens representats en els gràfics següents, i determina la seva velocitat.

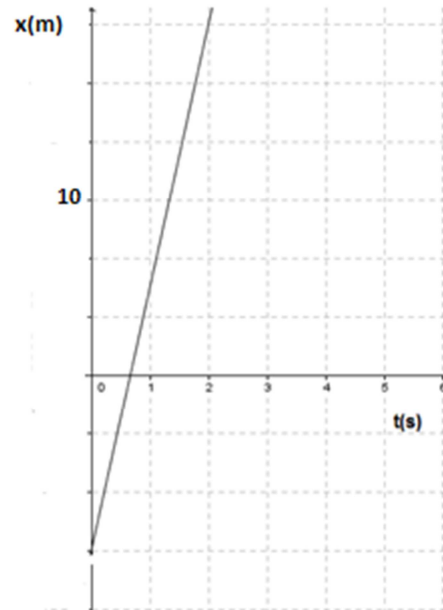


Figura 15. Cap d'estació a la sortida del tren

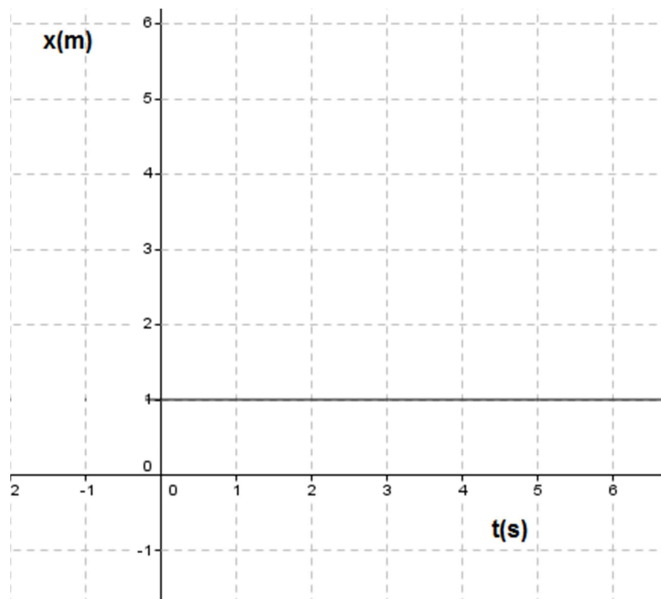
a)



b)



c)



Activitat 15 Un tren es troba parat en una estació que té el semàfor vermell. El cap d'estació es troba 4 metres més enrere que el cap del tren quan fa sonar el xiulet perquè el tren pugui marxar. La velocitat del tren (suposem que és constant) és de 20 m/s.

- En quina posició es troba la màquina del tren respecte el cap d'estació quan han passat 8 segons?
- Quan temps triga en recórrer 15 metres?
- Escriu l'equació del seu moviment respecte el cap d'estació.
- Escriu l'equació que representa la posició del cap del tren respecte un senyor que està viatjant en el segon vagó. El seu seient es troba a 9 metres del cap del tren.

😊 **Apunt teòric**

Factors de conversió

Coincideix el resultat obtingut en la primera prova amb la teva predicció? Que hem de fer per poder comparar els dos resultats?

Per poder comparar els resultats obtinguts amb les prediccions que hem fet necessitem utilitzar les mateixes unitats. Recorda que el **factors de conversió** són un **mètode per transformar unitats**. Per fer-los servir cal que tinguis en compte les següents preguntes:

- **Que tinc?** Quines unitats tinc.
- **Que vull?** En quines unitats vull transformar-les.
- Quina **relació** hi ha **entre les unitats que vull transformar?**

Exemple:

Tinc 5 km i els vull passar a metres.

- **Que tinc?** 5 km.
- **Que vull?** Passar-ho a m.
- Quina **relació** hi ha **entre les unitats que vull transformar?** 1km = 1000m

I ara cal fer el següent:

$$5 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 5000 \text{ m}$$

Activitat 16 Escriu l'equació del moviment d'en Pau que va en bicicleta a una velocitat de 10 km/h. Si en Pau surt a les deu del matí de casa seva, calcula el punt on es troba al cap de 20 minuts. Quan temps trigarà en fer 10 km?

Activitat 17 Les equacions següents representen el moviment de dos objectes, i estan expressades en unitats del Sistema Internacional.

$$x = 8 - 5t$$

$$x = 8 + 5t$$

- Digues quina diferència i semblança hi ha entre els dos moviments
- Representa'ls sobre els mateixos eixos.

Activitat 18 Un cotxe viatja a una velocitat de 50 km/h. Quina distància haurà recorregut en una hora? Quant temps es necessita perquè el cotxe recorri una distància de 210 km?



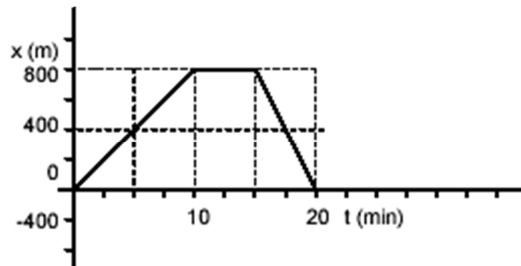
Activitat 19 Calcula la velocitat mitjana dels trens AVE entre Barcelona i Girona i compara-la amb la dels Regionals i els de mitjana distància. Pots consultar els horaris de RENFE (<http://www.renfe.com/viajeros/>) i la informació de distància mitjançant

Google Maps (<https://maps.google.es>), tot i considerant que el trajecte es realitza seguint, aproximadament, el traçat de l'AP-7.

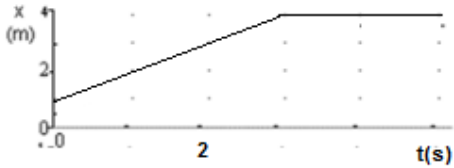
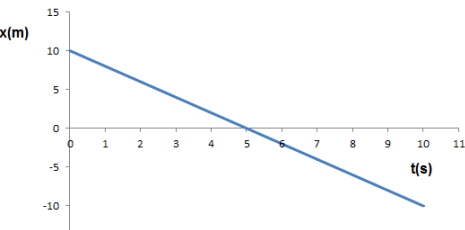
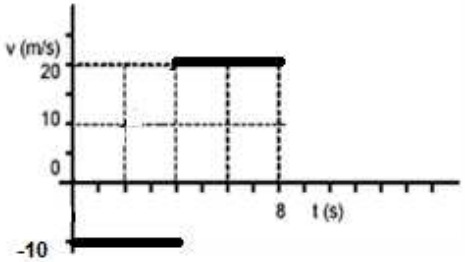
Activitat 20 La Maria i en Carles han quedat per anar al cinema. Surten de casa seva a la mateixa hora i van caminant a una velocitat constant de 4 km/h i 3 km/h, per trobar-se. Si la distància entre les dues cases és de 2 km, quant temps passarà fins que es trobin?

Activitat 21 El gràfic següent representa el moviment d'un pare que porta els seus fills a l'escola.

- a) Descriu el moviment.
- b) Calcula la velocitat del pare a l'anada i a la tornada del col·legi. A què creus que és deguda aquesta diferència?



Activitat 22 Omple la taula següent:

Gràfica	Interpretació qualitativa	Interpretació quantitativa	
		Gràfic	Càlculs necessaris
Posició-temps 		Gràfic velocitat-temps	
Posició-temps 		Gràfic velocitat-temps	
velocitat-temps 	Dada: inicialment el cos es troba a la posició $x=40$ m	Gràfic Posició -temps	

Taula 3. Anàlisi de gràfiques



Activitat de síntesi 2

Després d'un entrenament intens i constant al llarg de diversos mesos, els tres corredors s'inscriuen a la marató i aconsegueixen finalitzar el recorregut. La pròpia organització els proporciona les següents dades personals (Figura 16)

Club
Nacionalidad
Categoría
Género
Orden

imagen pronto disponible

Corredor 1

Posición final

← anterior posterior →

Posición en categoría

← anterior posterior →

Tiempo: 03:28:41

Primera mitad: **01:36:35**

Segunda mitad: **01:52:06**

Ritmo:

Velocidad:

Tiempo Acumulado									
00:22:58	00:45:33	01:08:46	01:31:33	01:36:35	01:54:28	02:17:45	02:45:33	03:17:27	03:28:41
Posición									
1881	1906	1938	1929	1937	1908	1823	2132	2582	2790

Km0-5	Km5-10	Km10-15	Km15-20	Km20-25	Km25-30	Km30-35	Km35-40	40-Final
00:22:58	00:22:36	00:23:13	00:22:47	00:22:56	00:23:18	00:27:48	00:31:54	00:11:14
00:22:58	00:45:33	01:08:46	01:31:33	01:54:28	02:17:45	02:45:33	03:17:27	03:28:41

:12

:44

:14

1.- Fras

2.- Naor

3.- Laia

imagen pronto disponible

Corredor 2

Posición final

← anterior posterior →

Posición en categoría

← anterior posterior →

Tiempo: 03:49:07

Primera mitad: **01:43:32**

Segunda mitad: **02:05:36**

Ritmo:

Velocidad:

Tiempo Acumulado									
00:23:56	00:47:44	01:12:12	01:37:58	01:43:32	02:04:32	02:33:14	03:02:50	03:35:21	03:49:07
Posición									
3098	3141	3243	3594	3638	4026	4629	4874	5149	5820

Km0-5	Km5-10	Km10-15	Km15-20	Km20-25	Km25-30	Km30-35	Km35-40	40-Final
00:23:56	00:23:48	00:24:29	00:25:47	00:26:34	00:28:43	00:29:37	00:32:31	00:13:47
00:23:56	00:47:44	01:12:12	01:37:58	02:04:32	02:33:14	03:02:50	03:35:21	03:49:07

:12

:44

:14

1.- Fras

2.- Naor

3.- Laia

imagen pronto disponible

Corredor 3

Posición final

← anterior posterior →

Posición en categoría

← anterior posterior →

Tiempo: 03:49:07

Primera mitad: **01:43:32**

Segunda mitad: **02:05:36**

Ritmo:

Velocidad:

Tiempo Acumulado									
00:23:56	00:47:44	01:12:12	01:37:58	01:43:32	02:04:32	02:33:14	03:02:50	03:35:21	03:49:07
Posición									
3098	3141	3243	3594	3638	4026	4629	4874	5149	5820

Km0-5	Km5-10	Km10-15	Km15-20	Km20-25	Km25-30	Km30-35	Km35-40	40-Final
00:23:56	00:23:48	00:24:29	00:25:47	00:26:34	00:28:43	00:29:37	00:32:31	00:13:47
00:23:56	00:47:44	01:12:12	01:37:58	02:04:32	02:33:14	03:02:50	03:35:21	03:49:07

:12

:40

:02

1.- Judit

2.- Mari

3.- M. S

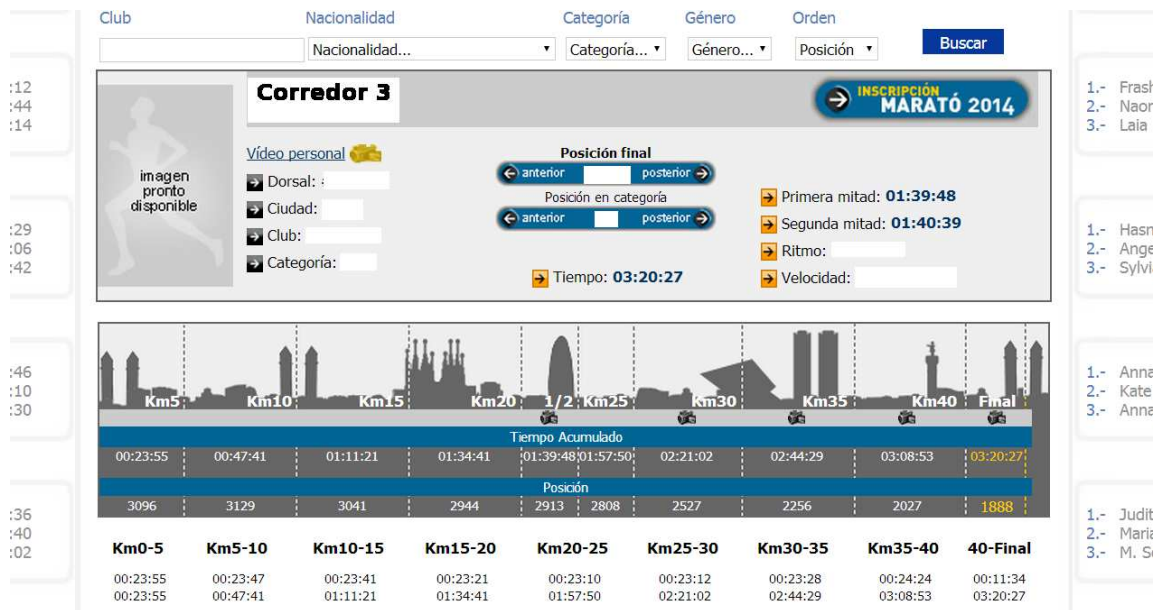


Figura 16: Informacions dels tres corredors

Responen les següents qüestions, tot i expressant els resultats en km/h.

- Quina és la velocitat mitjana global de cada corredor?
- Quant triga, de mitjana, cada corredor en recórrer un quilòmetre?
- El guanyador absolut de la maratón va fer un temps de 02:10:17. Quina va ser la seva velocitat mitjana?
- Entre els membres del grup, elaboreu una taula on quedin reflectit els temps de pas de cada corredor per les diferents fites de la cursa (5 km, 10 km, 15 km ...).
- Representeu gràficament la posició de cada corredor en funció del temps. Es produeix algun avançament entre els tres corredors? En cas afirmatiu, entre quins corredors, i en quin punt de la cursa, aproximadament?

4. Moviments mecànics

Anem a estudiar ara altres moviments més complexos, tot i continuar treballant a partir de l'anàlisi de vídeo.

A quina velocitat anem?

Obre el següent enllaç:

<http://www.educaplus.org/play-300-Gr%C3%A1fica-v-t.html>



a) Condueix la moto i familiaritzat amb l'aplet.

b) Intenta conduir a velocitat constant . Com és la gràfica v-t que mostra l'aplicació?

c) Condueix la moto durant un cert temps intentant simular la següent situació:

un motorista engega la moto i va augmentant la velocitat fins que arriba a una velocitat de 50 km/h (límit de velocitat en zones urbanes) . Avança a aquesta velocitat durant una estona fins que veu un semàfor vermell i deixa anar el gas fins que la moto es para.

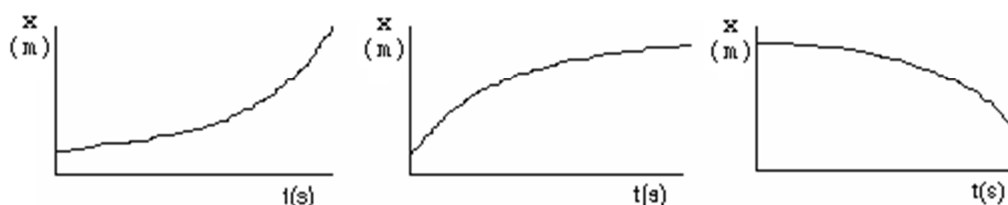
d) Copia la gràfica v-t que apareix en la pantalla.

e) Fes una predicció de com creus que serà la gràfica posició – temps del moviment de la motocicleta.

😊 Apunt teòric

Quan un objecte que es mou en línia recta no es mou a velocitat constant la representació gràfica del seu moviment ja no és una recta. Diem que el mòbil porta un moviment accelerat. Ara la rapidesa del mòbil tindrà valors diferents al llarg del temps.

Activitat 23 Les gràfiques que es mostren a continuació representen el moviment de tres persones que surten en el mateix instant de temps.



- a) Descriu el moviment que segueixen
- b) Inventa una situació que pugui correspondre a cadascuna de les gràfiques anteriors.
- c) Reprodueix la gràfica a la classe. Si teniu sensors de posició (Multilab) podeu comprovar per vosaltres mateixos els resultats.
- d) En els casos anteriors, la velocitat varia tota l'estona, de manera que en cada instant de temps portem una velocitat diferent. Com podem calcular la velocitat a la que ens hem desplaçat?

 **Apunt teòric**

Definim la velocitat instantània d'un mòbil com la velocitat que té el mòdul en cada instant de temps.

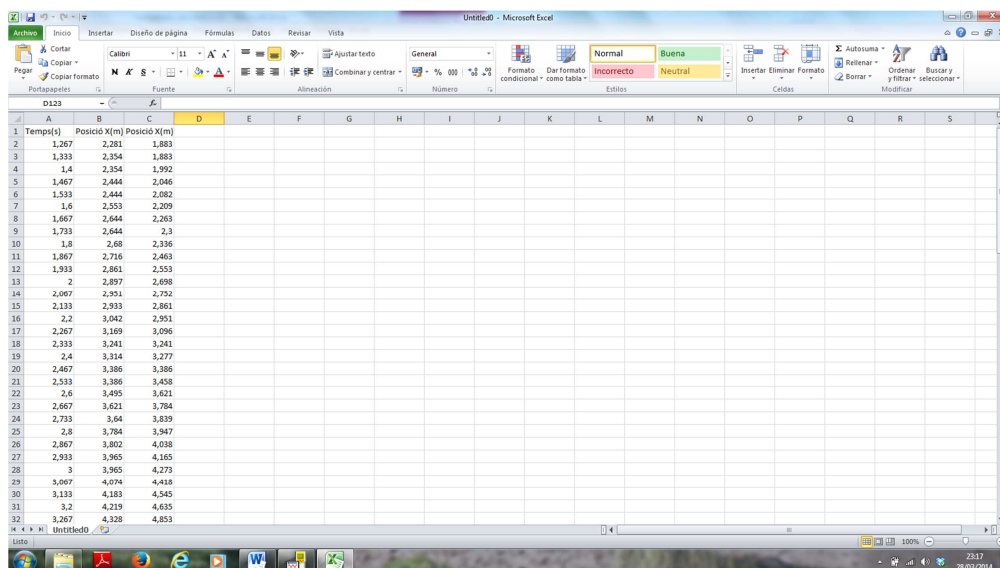
Com es calcula?

Per calcular la **velocitat instantània** hem de calcular la **velocitat mitjana** en un interval de temps petitíssim (que sigui pràcticament zero).

Anem a calcular la velocitat que porta un mòbil en un instant determinat, a partir de l'anàlisi del vídeo d'un cotxe d'Scalextrik. Per fer aquest càlcul necessitem les dades que s'adjunten en el fitxer *cotxe.xls*, i un full de càlcul per automatitzar les operacions.

Abans de començar:

- ❖ Copia la taula de dades en un full de càlcul, tal i com mostra la figura 17:



Tempo (s)	Posició X1(m)	Posició X2 (m)
1	1,257	1,883
2	1,333	1,883
3	1,4	1,992
4	1,467	2,046
5	1,533	2,082
6	1,6	2,099
7	1,667	2,263
8	1,733	2,3
9	1,8	2,336
10	1,867	2,463
11	1,933	2,553
12	2	2,698
13	2,067	2,752
14	2,133	2,861
15	2,2	2,951
16	2,267	3,096
17	2,333	3,241
18	2,4	3,277
19	2,467	3,386
20	2,533	3,458
21	2,6	3,621
22	2,667	3,784
23	2,733	3,839
24	2,8	3,947
25	2,867	4,038
26	2,933	4,165
27	3	4,273
28	3,067	4,418
29	3,133	4,545
30	3,2	4,635
31	3,267	4,853

Figura 17: Dades corresponents al moviment del cotxe d'Scalextrik

- ❖ Representa les dades posició – temps dels dos cotxes en una mateixa gràfica. Quines diferències hi observes entre elles?
- ❖ Quin interval de temps hi ha entre cada mesura de posició?
- ❖ Expliqueu com creieu que podeu mesurar la velocitat instantània del cotxe. Un cop el professor us doni el vist i plau podeu seguir amb l'activitat.
- ❖ Fixeu-vos que tenim molts punts experimentals. Fer els càlculs de la velocitat instantània de tots valors és un procés llarg que es pot realitzar més ràpidament mitjançant la utilització d'un full de càlcul.

Com utilitzar un full de càlcul? Introducció a les fórmules i funcions.

http://www.xtec.cat/fadulthoods/competic/materials/m4/t1/m4t1_04/index.htm



- ❖ Representeu amb el mateix full de càlcul la velocitat instantània en funció del temps i expliqueu la relació entre aquestes dues magnituds.

😊 **Apunt teòric**

Acabem de veure que hi ha moviments on la velocitat varia al llarg del temps. Definim l'acceleració mitjana d'un mòbil com:

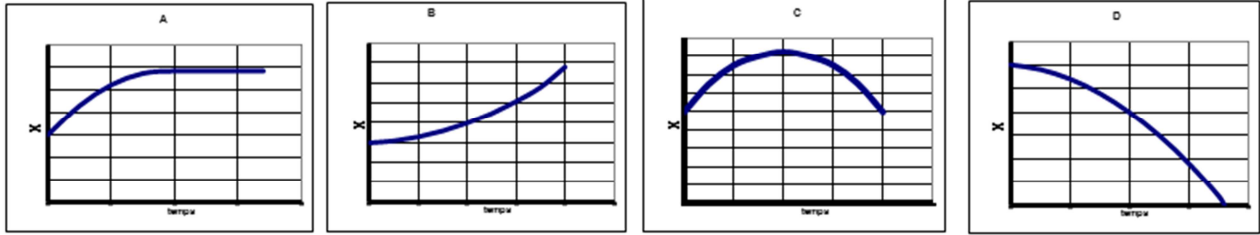
$$a_m = \frac{v_f - v_0}{\Delta t}$$

Activitat 24 El Thrust SCC és un vehicle híbrid entre cotxe i avió capaç d'accelerar de 0 a 1000 km/h en només 16 s. Calcula l'acceleració mitjana que pot aconseguir i el temps que trigarà a trencar la barrera del so (340 m/s) si manté aquesta acceleració.



Figura 18: Imatge del Thrust SCC

Activitat 25 Al 1997 el Thrust SSC va aconseguir el rècord del món de velocitat supersònica amb 334 m/s de pic i amb 332 m/s de mitjana . Un cop assolida la velocitat màxima el bòlid va frenar fins aturar-se. Quina de les 4 gràfiques x-t de la figura creus que descriu el moviment del bòlid durant la frenada? Explica el per què de la teva elecció.



Activitat 26 El 22 d'octubre de 1994, el ciclista Tony Rominger va batre el rècord de l'hora en recórrer 53,83 km en una hora. Calcula en km/h i en m/s la velocitat mitjana en la prova. Per quina raó parlem de velocitat mitjana i no de velocitat?

Activitat 27 Uns estudiants de quart d'ESO han fet l'estudi del moviment dels dos cotxes que es veuen a la Figura 19 a partir de l'anàlisi del vídeo del seu moviment.

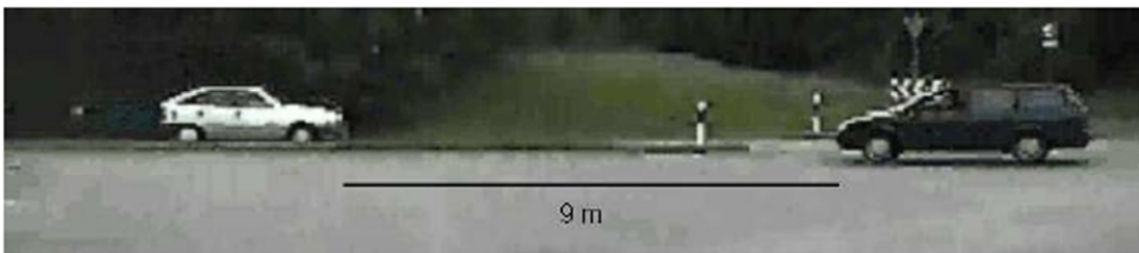


Figura 19: Fotograma del vídeo del moviment de dos cotxes

La figura 20 mostra les gràfiques dels resultats obtinguts després d'analitzar el moviment dels dos cotxes. La gràfica blava representa el moviment del cotxe blanc i la gràfica vermella la del cotxe negre.

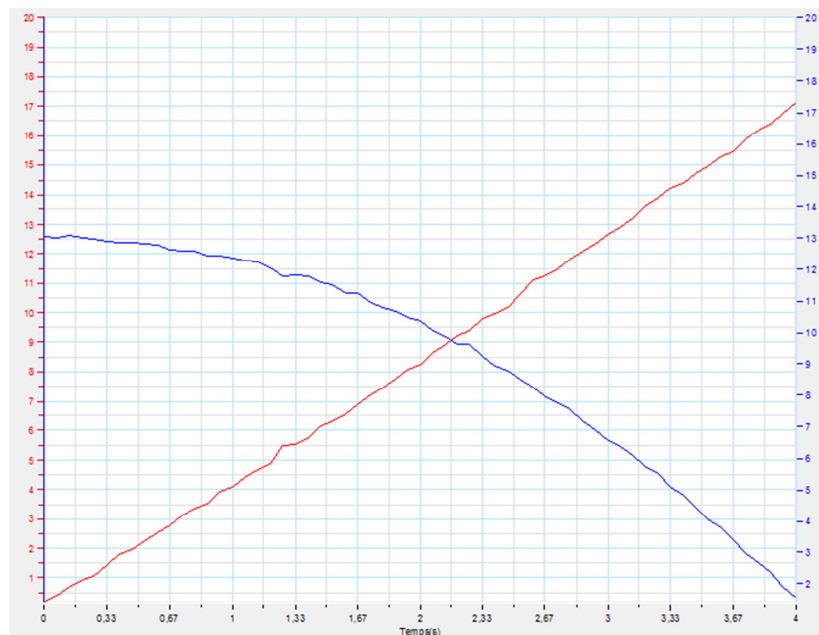


Figura 20: Gràfiques posició – temps dels dos cotxes

- a) Explica el tipus de moviment de cada un dels cotxes
- b) Indica l'origen de coordenades que han utilitzat per estudiar el moviment.
- c) Calcula la velocitat mitjana dels dos cotxes en els intervals:
- i. entre $t=0$ s i $t= 0.83$ s
 - ii. entre $t=0.83$ s i $t= 1.67$ s
 - iii. entre $t= 1.67$ s i $t= 2.5$ s
- Comenta els resultats obtinguts.



Activitat de síntesi 3

Una de les filles dels corredors anteriors també entrena en el mateix club d'atletisme. La seva especialitat, però, són les curses de tanques, i és una apassionada de les curses de velocitat i de curta durada.

El seu ídol és el corredor jamaicà Usain Bolt, i ha visionat desenes de vegades els vídeos de, per ella, les millors curses en què ha participat: la final olímpica de Pequín del 2008 (<http://www.youtube.com/watch?v=o-urnlaJpOA>), els campionats del món d'atletisme que es van celebrar a Berlin el 2009 (<http://www.youtube.com/watch?v=HI5eV6fs8XI>) i la final olímpica de Londres, l'estiu del 2012 (<http://www.youtube.com/watch?v=2O7K-8G2nwU>).

Al seu institut el projecte de recerca combina elements de diverses matèries, i s'estructura a partir d'una proposta dels alumnes. Ella vol estudiar Educació Física en un futur, i ha proposat al seu tutor analitzar els paràmetres cinemàtics de les curses de velocitat. Per això ha fet una cerca i ha trobat els temps de pas en trams de 10 m per cadascuna de les curses (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23717364>), que ha resumit en la següent taula:

Tram (m)	Olympic Games Beijing 2008 (s)	World Championship Berlin 2009 (s)	Olympic Games London 2012 (s)
0 – 10	1.85	1.90	1.91
10 – 20	2.87	2.88	2.92
20 – 30	3.78	3.80	3.84
30 – 40	4.65	4.63	4.70
40 – 50	5.50	5.46	5.54
50 – 60	6.32	6.29	6.36
60 – 70	7.14	7.11	7.17
70 – 80	7.96	7.92	7.98
80 – 90	8.79	8.75	8.80
90 – 100	9.69	9.58	9.63

Taula 4. Temps de pas a cada tram (Usain Bolt)

A més, ha trobat que el temps de reacció d'en Bolt per cada cursa va ser de 0.165 s el 2008, de 0.146 s el 2009 i de nou 0.165 s el 2012. En general, ha llegit que els investigadors de l'àrea de Biomecànica divideixen la cursa de 100 m en tres trams principals: fase d'acceleració (0 – 40 m), fase de velocitat màxima (40 – 80 m) i fase de desacceleració (80 – 100 m).

Amb tota aquesta informació, ajudeu-la a respondre les següents qüestions:

- Representeu en un gràfic posició – temps les dades per una de les tres curses. Utilitzeu un full de càlcul o un programa específic de representació de gràfics.
- Expliqueu amb les vostres paraules què creieu que passa en cadascuna de les tres fases esmentades anteriorment.
- Indiqueu al gràfic les diferents fases de la cursa.

- d) Calculeu la velocitat mitjana d'Usain Bolt en cada tram de 10 m a la cursa de Berlin. Analitzeu si els resultats obtinguts permeten establir la divisió de la cursa en les tres fases anteriors.
- e) Si, en aquesta cursa, la velocitat del corredor en passar per la posició de 40 m era de 11.63 m/s, i considerem que ha accelerat de forma constant des de la sortida, quin ha estat el valor de l'acceleració?