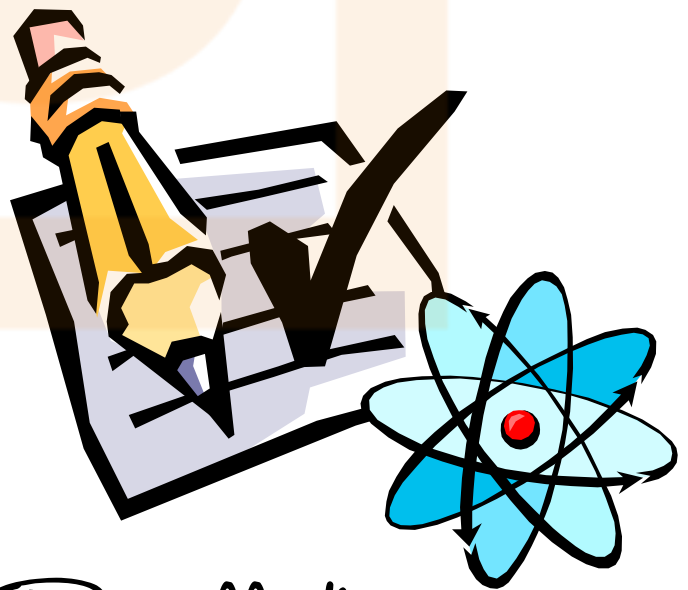


Física

Batxillerat



Recull d'exercicis



Aquest recull ha estat elaborat per
Tavi Casellas, professor de
Física i Química.



Índex

Introducció.....	3
1. Com resoldre un problema?	3
2. Física i derivades	4
Cinemàtica.....	7
1. Moviments uniformes.....	7
2. Moviments accelerats	10
3. Caiguda Lliure.....	15
4. Moviment circular	19
5. Moviment harmònic.....	23
6. Composició de moviments	28
Dinàmica.....	31
1. Exercicis senzills.....	31
2. Forces de fricció.....	37
3. Sistemes d'objectes.....	40
4. Dinàmica del moviment circular.....	46
5. T, P i E. Qüestions	51
6. T, P i E. Problemes.....	55
7. Impuls i quantitat de moviment.....	70
Electricitat.....	81
1. Conceptes	81
2. Problemes	84
3. Electrodinàmica.....	97
Gravitació.....	107
1. Dades.....	107
2. Conceptes	108
3. Problemes	110
Magnetisme.....	121
1. Conceptes	121
2. Força i camp magnètic.....	127
3. Inducció magnètica.....	134
Ones.....	139
1. Conceptes	139



2.	El moviment ondulatori.....	142
3.	Fenòmens ondulatoris.....	146
4.	La llum: dualitat ona-còrpuscle.....	154
Física nuclear.....		159
1.	Física nuclear.....	159
Annexos.....		165
1.	Masses atòmiques d'isòtops.....	165
2.	Dades i constants.....	166
3.	Pàgines Web.....	167

Introducció

1. Com resoldre un problema?

1. Llegir atentament l'enunciat. No podem deixar escapar cap detall, a vegades hi ha paraules o dades que són molt importants.
2. Escriure les dades numèriques (o de concepte) que podem extreure de l'enunciat.
3. Aclarir què se'ns demana? A vegades en un enunciat hi ha més d'una pregunta.
4. Establir un sistema de referència clar: eixos i sentits positiu - negatiu.
5. Fer un dibuix esquemàtic sobre la situació que reflexa l'enunciat. Aquest esquema ha d'incloure els valors de les magnituds conegudes i també els símbols de les incògnites.
6. Fer una previsió del resultat que ha de tenir el problema (positiu, negatiu, quin interval de valors pot prendre ...)
7. Descriure (mentalment o per escrit) les diferents etapes del procés a seguir per a la resolució del problema.
8. Realitzar els càlculs, tant numèrics com de les unitats.
9. Analitzar el resultat obtingut. Ha de ser del tot coherent amb l'enunciat i la situació, alhora ha d'estar d'acord amb la previsió feta al punt 6. Si aquesta anàlisi és negativa aleshores cal localitzar l'error comès. Si no trobem l'error haurem d'explicar clarament perquè considerem que la resposta és incorrecta.
10. Donar el resultat obtingut amb les unitats corresponents.

Observacions:

- a. Sempre hem de treballar en el **Sistema Internacional** d'unitats. Només excepcionalment ens saltarem aquesta norma.
- b. Els canvis d'unitats els realitzarem sempre per **factors de conversió**.
- c. Qualsevol resultat (encara que sigui intermig) o mesura ha d'anar acompanyat de la seva **unitat**.
- d. **Mai és vàlid dir "no el sé fer ..."**, sempre podem (com a mínim) arribar fins al punt 5 de la resolució.
- e. És millor no donar un resultat que donar una **resposta incoherent !!!** Per exemple: és **molt greu** dir que un objecte llisca per un pla inclinat amb una acceleració de 25 m/s^2 si només està sotmès a l'acció de la gravetat i a la força que li fa el terra.

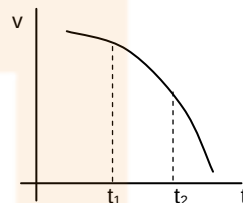


2. Física i derivades

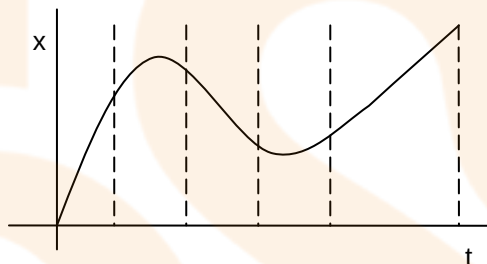
1. L'equació del MRUA és $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$. Calcula la derivada respecte del temps i observa el resultat... Deriva ara una segona vegada i torna a observar...

2. (PAU juny 98) El gràfic del costat està referit a un mòbil que descriu un moviment rectilini. Raona si les afirmacions següents són vertaderes o falses:

- La gràfica correspon a un moviment uniformement accelerat.
- L'acceleració en el punt t_1 és positiva i en el punt t_2 és negativa.



3. A partir de la següent gràfica pots obtenir aproximadament la gràfica v-t i també la gràfica a-t.



4. Un objecte es mou horitzontalment segons l'equació (en unitats del SI) $x = 3 + 4t + 2t^2$. Calcula la seva posició, velocitat i acceleració en l'instant $t = 5$ s.

Resultat: 73 m
24 m/s
4 m/s²

5. Un objecte es mou en el pla segons equació $r = (2t + 2) i + (4t^4 - 3t^2) j$ (en unitats del SI).

- Calcula la seva velocitat (vector i mòdul) en l'instant inicial i en l'instant $t = 2$ s.
- Quina serà la seva acceleració (vector i mòdul) quan $t = 1$ s

Resultat: 2 m/s i
2 m/s
2 m/s i + 116 m/s j
116,02 m/s
42 m/s² j
42 m/s²

6. (PAU setembre 99) La posició d'un mòbil ve donada per l'equació (en unitats del SI) $r = 3t^2 i - 5t j$. Determina'n la velocitat i l'acceleració en l'instant $t = 2$ s.

Resultat:
12m/s i - 5m/s j (mòdul: 13m/s)
6m/s² i (mòdul: 6m/s²)

7. El vector posició d'un mòbil ve donada per l'expressió vectorial (en unitats internacionals) $r = (30t, 40t - 5t^2)$

- Dibuixa la seva trajectòria durant els 5 primers segons.
- Esbrina quin tipus de moviment té a cadascun dels eixos.
- Calcula l'expressió que ens dóna la seva velocitat en funció del temps.

- d. *Calcula la seva acceleració i les components de la mateixa quan el temps és 2 segons.*

Resultat: $v = (30, 40 - 10t)$
 $a = (0, -10)$

8. (PAU juny 02) El mòdul de la velocitat d'un punt material que descriu una trajectòria circular ve donat per l'equació (en unitats del SI) $v = 6 + 10t$. Si el radi de la trajectòria és de 100 m, quina serà l'acceleració normal en l'instant $t = 8$ s? I l'acceleració tangencial?

Resultat: 74 m/s^2 i 10 m/s^2

9. (PAU setembre 99) Un mòbil descriu un moviment circular de radi $r = 2$ m. L'angle descrit pel mòbil en funció del temps ve donat per l'equació $\phi = t^3 + 5t - 4$ (en unitats del SI). Calcula la velocitat angular i l'acceleració tangencial en l'instant $t = 1$ s.

Resultat: 8 rad/s
 12 m/s^2

10. L'equació de la trajectòria d'un MHS és $x = A \sin(\omega t + \phi_0)$. Deriva-la respecte del temps... què observes? Torna-la a derivar respecte del temps i ...

11. (PAU setembre 99) L'equació del moviment d'un cos que descriu un moviment harmònic és, en unitats del SI: $x = 10 \sin(\pi t - \pi/2)$. Quant valen l'amplitud i el període del moviment? I la velocitat del cos per a $t = 2$ s?

Resultat: 10 m
 2 s
 0 m/s

12. Un objecte vibra segons l'equació (expressada en unitats del SI) $x = 0,2 \sin(4t + 2)$.

- a. *Calcula la velocitat d'aquest objecte quan $t = 3$ segons.*
b. *Quina serà la funció acceleració $a = a(t)$?*

Resultat: $0,109 \text{ m/s}$
 $-3,2 \sin(4t + 2)$

13. (PAU juny 03) Una partícula segueix una trajectòria circular. Si l'angle descrit en funció del temps ve donat per l'equació $\phi = t^2$, on ϕ està expressat en rad i t en s, calcula:

- a. *El temps que triga la partícula a fer les dues primeres voltes.*
b. *La velocitat angular de la partícula a l'instant $t = 3$ s.*

Resultat: $3,54 \text{ s}$
 6 rad/s

14. Un isòtop radioactiu artificial té un temps de semidesintegració de 10 segons. Si es té una mostra de 25 mg d'aquest isòtop,

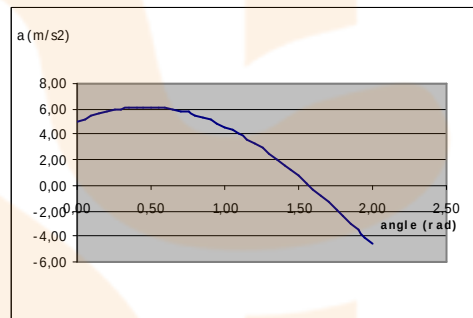
- a. *Quina quantitat es tenia ara fa mig minut?*
b. *Quina quantitat es tindrà d'aquí a mig minut?*
c. *Quina és la funció que dona la quantitat d'aquest isòtop en funció del temps (començant a comptar el temps a partir d'aquest instant).*
d. *Quina quantitat d'isòtop tindrem d'aquí a 5 segons?*
e. *Quina és la funció que ens dona la velocitat de desintegració (mil·ligrams per segon) d'aquest isòtop?*
f. *Quina serà la velocitat de desintegració (mg/s) que es mesurarà ara mateix?*
g. *Quina seria d'aquí a 5 segons? I d'aquí a 10 segons?*

Resultat: 200 mg
 $3,13 \text{ mg}$
 $m = 25 \text{ mg} e^{-0,069 \text{ 1/s} \cdot t}$
 $17,67 \text{ mg}$
 $v = 1,725 \text{ mg/s} e^{-0,069 \text{ 1/s} \cdot t}$
 $1,725 \text{ mg/s}$
 $1,22 \text{ mg/s}$
 $0,8625 \text{ mg/s}$



15. Un objecte de 3 kg està sobre una superfície horitzontal i l'estirem amb una força de 30 N fent un angle α amb el terra. El coeficient de fricció cinètic amb el terra és 0,5.
- Troba la funció matemàtica que ens permet calcular l'acceleració de l'objecte (en funció de l'angle α). Has de resoldre el problema aplicant la segona llei de Newton però deixant l'angle com a variable.
 - Representa aquesta funció $F = F(\alpha)$. Pots fer-ho amb el full de càlcul: realitza una taula de valors d'angles entre 0° i 90° (millor entre 0 rad i $\pi/2$ rad amb increments de 0,05 rad) i a la següent columna introdueix la fórmula de la funció que has trobat en l'apartat anterior. Posteriorment representa la gràfica en format x-y.
 - Quin és l'angle, segons la gràfica, pel qual l'acceleració és màxima?
 - Per quin angle l'acceleració de l'objecte seria nul·la, és a dir la força de fricció s'igualaria amb la component horitzontal de la força que faig?
 - Deriva matemàticament la funció que has trobat en el primer apartat.
 - Iguala la funció derivada i resol l'equació resultant (matemàticament saps que obtindràs el màxim de la funció). El valor obtingut correspon a l'angle que has trobat a partir de la representació de la funció?

Resultat: Has d'obtenir una gràfica com la següent



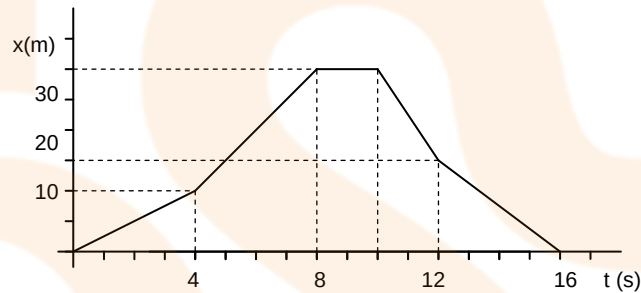
16. Llançem una pilota des de dalt d'un edifici de 24 m d'altura amb una velocitat de 20 m/s fent un angle α amb l'horitzontal.
- Per quin angle de llançament l'abast horitzontal és màxim? Resol el problema de forma gràfica (amb el full de càlcul) tal com has fet en l'anterior problema.
 - En aquest cas pots provar de trobar matemàticament el màxim de la funció... però veuràs que la resolució és molt complicada!
 - També pots utilitzar l'applet Moviment parabòlic de la pàgina www.FisLab.net per trobar el resultat aproximat (per tempteig).

Cinemàtica

1. Moviments uniformes

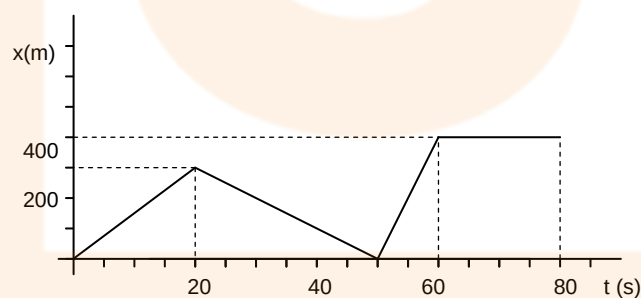
1. Mirant la representació gràfica,

- Describeu verbalment el moviment del cotxe en els diferents trams del recorregut.
- Calcula la velocitat de cada interval.
- Representa la corresponent gràfica v-t.
- Calcula la velocitat mitjana de tot el recorregut.



Resultat: 2,5 m/s
5 m/s
0 m/s
- 7,5 m/s
-3,75 m/s

2. El moviment d'un cotxe ve representat per la següent gràfica posició-temps.

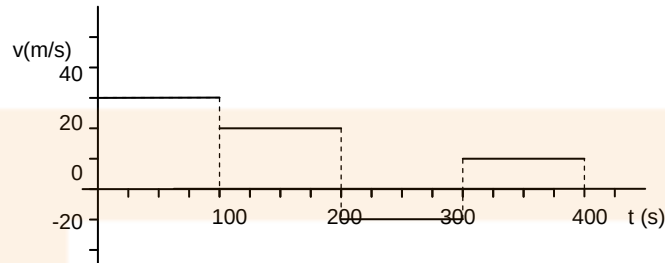


- Explica quin moviment fa aquest automòbil.
- Calcula la velocitat en cada tram.
- Fes la gràfica v-t que li correspon.
- En quins instants el cotxe està en la posició 200 m?
- Troba la velocitat mitjana del moviment.
- Quina és la velocitat mitjana fins als 50 segons?

Resultat: 15 m/s
- 10 m/s
40 m/s
5 m/s
13,3 s 30 s i 55 s
5 m/s i 6,6 m/s



3. Un cotxe fa un trajecte segons la següent gràfica v-t. Sabem que en l'instant inicial la seva posició és zero.



- Descriu verbalment el moviment.
- Calcula la posició d'aquest cotxe al final de cada interval de temps (sempre respecte l'origen).
- Construeix la gràfica posició-temps corresponent.
- Quin ha estat el seu desplaçament?
- Quina velocitat mitjana ha mantingut?

Resultat: 3.000 m
5.000 m
4.000 m
5.000 m
125 m/s

4. En un punt d'una carretera s'han creuat dos vehicles que marxen en sentits contraris. El primer porta una velocitat de 54 km/h i el segon de 36 km/h.

- Quina serà la distància que els separarà als 45 minuts?
- Representa les gràfiques v-t i x-t dels dos moviments.
- Comprova el resultat de la primera pregunta en la gràfica posició-temps.

Resultat: 67.500 m

5. Dos pobles, Girona i Quart, estan separats per una distància de 5 km. Una carretera recta els uneix. Un vianant surt de Girona cap a Quart caminant amb una velocitat de 3,6 km/h.

- En quina posició estarà al cap de 3 hores?
- A quina distància es trobarà de Girona?
- I a quina distància de Quart estarà en aquest moment?

Resultat: 10.800 m
5.800 m

Si en comptes de caminar cap a Quart ho fa en sentit contrari,

- A quina distància estarà de Girona al cap de tres hores?
- I quina distància el separarà de Quart?

Resultat: 10.800 m
15.800 m

6. Dos cotxes estan separats 1.000 m en una recta de l'autopista. Els dos es mouen amb velocitats constants de 126 km/h i 72 km/h amb sentits contraris fins a trobar-se.

- Quant temps tardaran en trobar-se?
- En quina posició tindrà lloc l'encontre?
- Dibuixa les gràfiques v-t i x-t.

Resultat: 18,18 s
363,6 m

Pots repetir l'exercici però suposant que tots dos porten el mateix sentit,

- Quant tardarà el que va més de pressa a atrapar el cotxe més lent?
- En quina posició l'atraparà?
- Representa les gràfiques dels moviments.

Resultat: 66,6 s
2.333,3 m

7. Un cotxe surt de Girona cap a Cassà a 72 km/h en el mateix moment una moto surt de Cassà per anar a Girona amb una velocitat de 10 m/s. Entre Cassà i Girona hi ha 7,2 km.

- Calcula la posició d'ambdós als 2 minuts.
- Calcula també la seva posició al cap de 5 minuts.
- Fes les gràfiques x-t dels dos moviments.

Resultat: 2.400 m i 6.000 m
6.000 m i 4.200 m

8. A les 9 hores del matí passa per una estació de servei un vehicle robat amb una velocitat constant de 90 km/h. Als deu minuts passa pel mateix punt un cotxe de la policia perseguint al primer amb una velocitat de 126 km/h.

- Quant temps tardarà la policia en detenir als lladres?
- En quina posició tindrà lloc la detenció?
- Fes les gràfiques v-t i x-t dels dos cotxes.

Resultat: 1.500 s
52.500 m

9. Girona i Castelló estan separades 360 km. Un tren surt de Girona cap a Castelló amb una velocitat de 108 km/h mentre a la mateixa hora en surt un altre de Castelló però amb una velocitat de 72 km/h.

- Quant temps tardaran en creuar-se els dos trens?
- En quina posició es trobaran?
- A quina distància de Girona estaran aleshores?
- I a quina distància de Castelló?

Resultat: 7.200 s
216.000 m
216.000 m
144.000 m

10. Dues persones que circulen amb bicicleta surten de dos llocs separats 400 metres i porten velocitats constants de 5 m/s i 3 m/s. Han quedat que es trobaran en un punt intermig.

- Quant temps tardaran en trobar-se.
- On es trobaran?
- Fes les gràfiques v-t i x-t dels moviments.

Resultat: 50 s
250 m

11. En el moment de fer un atracament, un lladre és descobert per un policia que es troba a 100 m de distància. El lladre surt corrent a 18 km/h mentre que el policia el persegueix a 27 km/h. El lladre té un còmplice amb una moto a 300 m de distància. Podrà el policia a agafar el lladre? Troba la solució numèricament i gràfica.

Resultat: Sí, 300 m i 40 s

12. L'intrèpid viatger Phileas Fogg, protagonista de "La volta al món en 80 dies" de Jules Verne, ha arribat tard al port. El vaixell on havia de continuar el viatge fa dues hores que ha sortit i va a 40 km/h. Però Fogg no es dóna per vençut. Contracta els serveis d'una petita motora i surt en persecució del vaixell a 50 km/h.

- A quants quilòmetres de la costa l'atraparà?
- Quant temps tardarà en atrapar-lo?

Troba la solució numèricament i gràfica.

Resultat: 400 km
8 h

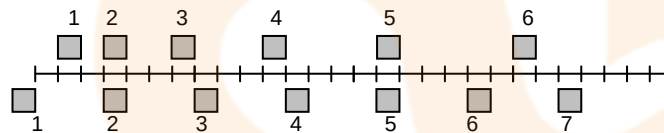
2. Moviments accelerats

1. (OIF febrer 01) La trajectòria d'una partícula ve descrita en un sistema de referència per $x = 22 \text{ m} + 20 \text{ m/s } t - 2 \text{ m/s}^2 t^2$. La distància que haurà recorregut la partícula als 6 segons és:

- a. 48 m
- b. 52 m
- c. 70 m
- d. 72 m

Resultat: a

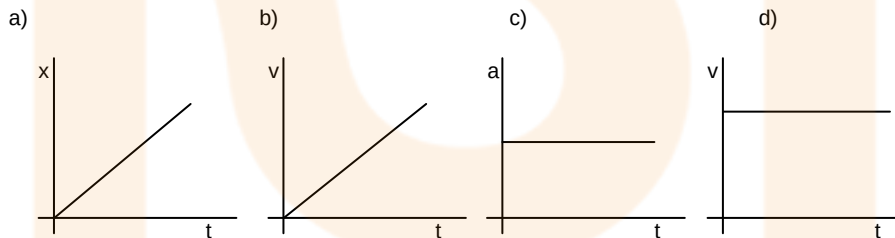
2. (OIF febrer 01) La figura representa les posicions de dos blocs a intervals de temps successius de 0,3 s; els blocs es mouen cap a la dreta. Els dos blocs tenen la mateixa celeritat (mòdul de la velocitat):



- a. Només a l'instant 2.
- b. Només a l'instant 5.
- c. Ens els instants 2 i 5.
- d. En algun moment entre els instants 3 i 4

Resultat: d

3. Digues a quin tipus de moviment corresponen les gràfiques següents:



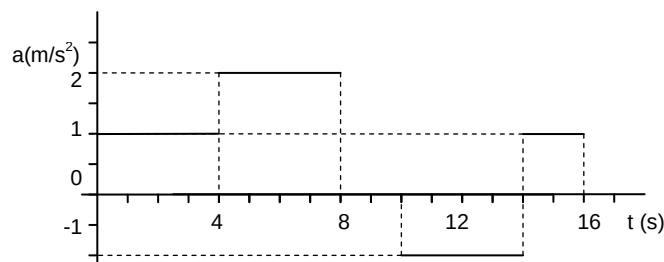
4. (PAU setembre 98) És possible que la velocitat d'un mòbil sigui negativa i la seva acceleració positiva? Si la resposta és sí, posa'n un exemple; si és no, raona-ho.

5. Una bola la llenço per un pla inclinat: puja fins que s'atura i després torna a baixar.

- a. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t aproximades del moviment.

6. Donada la gràfica següent i sabent que el mòbil surt del repòs,

- a. Descriu el moviment



- b. Fes, qualitativament les gràfiques $v-t$ i $x-t$.
- c. Calcula les velocitats finals de cada interval (suposant que inicialment la velocitat és zero).
- d. Calcula també les posicions finals de cada tram.
- e. Representa, ara quantitativament, les gràfiques $v-t$ i $x-t$.
- f. Calcula la velocitat mitjana als 8 segons i també als 16 segons.

Resultat: 4, 12, 12, 8 i 10 m/s
8, 40, 64, 104 i 122 m
5 m/s i 7,625 m/s

7. Un mòbil parteix del repòs amb una acceleració de 10 m/s^2 .

- a. Construeix les gràfiques $a-t$, $v-t$ i $x-t$.
- b. Repeteix les gràfiques considerant que la velocitat inicial és 5 m/s.

8. Un cotxe que va a una velocitat de 108 km/h queda aturat en només 5 segons.

- a. Calcula l'espai que necessita per frenar.
- b. Fes les gràfiques $a-t$, $v-t$ i $x-t$ del moviment.

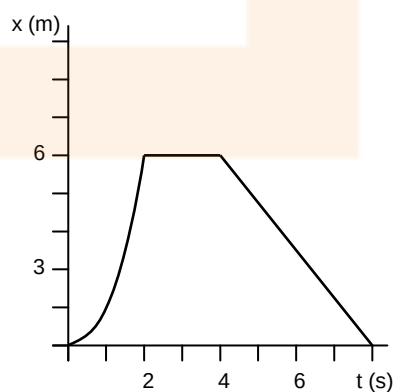
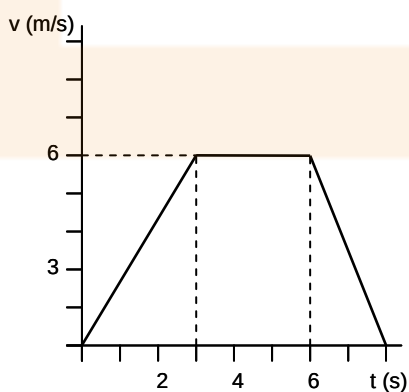
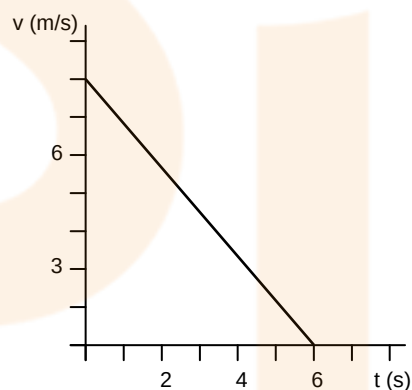
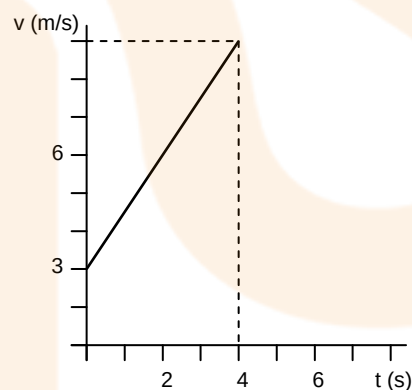
Resultat: 75 m

9. Un mòbil va a 72 km/h i frena amb una acceleració de 2 m/s^2 .

- a. Fes la gràfica $v-t$ del seu moviment.
- b. Calcula el temps que tarda en aturar-se.
- c. Quin espai recorre abans d'aturar-se?

Resultat: 10 s
100 m

10. Observa les gràfiques següents. Has de treure de cadascuna la màxima informació possible del moviment que representa.





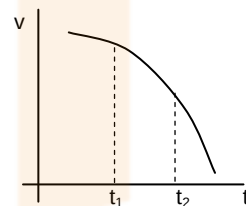
11. Un bloc es deixa baixar per un pla inclinat de 2 metres de longitud. Té una acceleració constant de 4 m/s^2 . Quan arriba al final del pla inclinat continua movent-se amb moviment uniforme, amb la velocitat que ha adquirit, sobre un pla horitzontal fins que xoca i queda aturat de cop després de recórrer 2 metres més.

- Calcula el temps que tardarà en baixar el pla inclinat.
- Calcula la velocitat que tindrà al final de la rampa.
- Calcula el temps que tardarà en xocar.
- Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment.

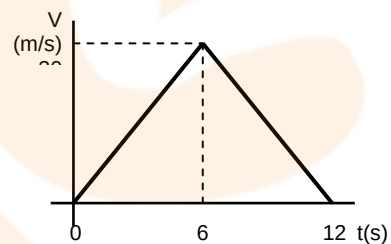
Resultat: 1 s
4 m/s
1,5 s

12. (PAU juny 98) El gràfic del costat està referit a un mòbil que descriu un moviment rectilini. Raona si les afirmacions següents són vertaderes o falses:

- La gràfica correspon a un moviment uniformement accelerat.
- L'acceleració en el punt t_1 és positiva i en el punt t_2 és negativa.



13. (PAU juny 02) La figura representa la gràfica «velocitat - temps» per a un cos que es mou sobre una recta i que surt del repòs. Raoneu si l'espai recorregut pel mòbil en l'interval de temps en què augmenta la seva velocitat és més gran, més petit o igual que l'espai recorregut durant la frenada.



Resultat: igual

14. Les dades següents corresponen a un moviment uniformement accelerat. Completa les dades que falten a la taula.

t (s)	0	1		5	
v (m/s)	20		24		
x (m)	0	21			300

15. Un cotxe que va a 36 km/h accelera durant 5 segons fins arribar a una velocitat de 108 km/h . Manté aquesta velocitat durant 20 segons i després frena fins aturar-se en 10 segons.

- Calcula la distància que haurà recorregut en total.
- Fes les corresponents gràfiques a-t, v-t i x-t.

Resultat: 850 m

16. Un bloc es deixa lliscar amb acceleració constant per un pla inclinat de 6 metres de longitud i tarda 2 segons en baixar-lo. Després continua desplaçant-se en línia recta i velocitat constant per un pla horitzontal de 4 metres. Finalment puja per un pla inclinat (amb un m.r.u.a.) i s'atura després de recórrer 3,6 m.

- Construeix les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment.

17. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t del següent moviment: un cotxe que va per la carretera Barcelona veu un semàfor vermell, frena i abans d'aturar-se el semàfor es posa verd, accelera i al cap d'una estona manté la seva velocitat constant. Al final frena fins aturar-se.

18. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment de la pilota:



19. S'anomena temps de reacció al que transcorre des que un conductor observa un obstacle fins que prem el pedal del fre. Normalment és d'algunes dècimes de segon.

Suposa que la velocitat que porta és de 90 km/h, el temps de reacció és de 0,4 segons i que l'acceleració de frenada és de -3 m/s^2 .

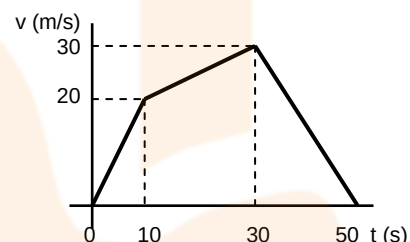
- Calcula l'espai necessari per quedar aturat.
- Representa les gràfiques $a-t$, $v-t$ i $x-t$ del moviment.

Resultat: 114,1 m

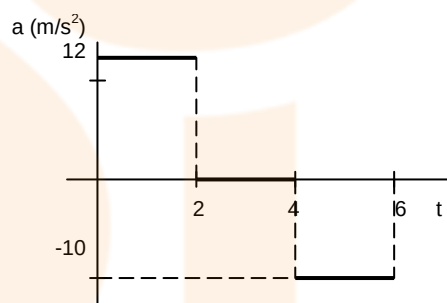
20. (PAU juny 01) La gràfica de la figura representa la velocitat en funció del temps d'un mòbil que surt de l'origen de coordenades i segueix un moviment rectilini. Calcula:

- L'acceleració del mòbil a l'instant $t = 20\text{s}$.
- La distància recorreguda durant el moviment de frenada.
- En quin interval de temps la seva acceleració és màxima? Dibuixa la gràfica $x(t)$ per a aquest interval.

Resultat: $0,5 \text{ m/s}^2$
300 m



21. (PAU setembre 01) Una partícula surt del repòs i es mou sobre una recta. A la gràfica adjunta es representa l'acceleració de la partícula durant els 6 primers segons. Representa la gràfica $v(t)$ del moviment.



22. Dos mòbils es mouen en línia recta i inicialment els dos estan en la mateixa posició.

El blau, que estava aturat, accelera de manera que després d'un segon ha recorregut 2 metres. Sabem que ha seguit el trajecte amb la mateixa acceleració.

- Calcula la velocitat que porta en els instants 2, 3, 4 i 5 segons.
- En quines posicions es troba en els mateixos instants?

Resultat: 8, 12, 16 i 20 m/s
8, 18, 32 i 50 m

El vermell porta des del principi i durant tot el trajecte una velocitat constant i també fa 2 metres durant el primer segon.

- Calcula també la velocitat i posició durant els 5 primers segons.
- En quin moment els dos cotxes porten la mateixa velocitat?

Resultat: 2 m/s
0,5 s

23. Un cotxe i un camió estan separats 50 metres. El camió es mou amb una velocitat constant de 54 km/h mentre que el cotxe, que està inicialment aturat, arrenca amb una acceleració d' $1,6 \text{ m/s}^2$ que manté constant.

- Quant de temps tardarà el cotxe en atrapar al camió?
- En quina posició estaran aleshores?
- Quina velocitat portarà el cotxe en aquest instant?



d. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t dels dos moviments.

Resultat: 21,6 s
373,2 m
34,5 m/s

24. Un vianant corre amb la màxima velocitat possible a 6 m/s per agafar una autobús que està aturat en un semàfor. Quan està a 25 metres el semàfor es posa verd i l'autobús accelera uniformement a raó d'1 m/s².

- a. *Calcula el temps que tardarà en atrapar l'autobús, si és que no se li escapa.*
- b. *Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t dels moviments.*

Resultat: No l'atrapa

25. Dos cotxes circulen pel mateix carril però en sentits contraris amb velocitats de 90 km/h i 108 km/h. Quan es veuen un a l'altre estan a 100 m de distància i els dos comencen a frenar amb una acceleració de 5 m/s².

- a. *Arribaran a xocar?*
- b. *Si ho fan, a quina posició tindrà lloc l'impacte?*

Resultat: Sí, xoquen
44 m

26. Un ciclista va a una velocitat constant de 6 m/s. Un altre, que ha sortit 16 m més enrera, accelera a 2 m/s² fins arribar a una velocitat de 8 m/s (que després manté constant).

- a. *Quant temps tardarà en atrapar-lo?*
- b. *A quina posició l'atraparà?*
- c. *Fes les gràfiques x-t i v-t de tots dos ciclistes.*

Resultat: 16s
112 m

3. Caiguda Lliure

1. (PAU setembre 01) S'ha mesurat el temps de caiguda de tres pedres per un precipici amb un cronòmetre manual i s'hi han llegit els valors: $t_1 = 3,42$ s; $t_2 = 3,50$ s; $t_3 = 3,57$ s. Quin serà el resultat d'aquesta mesura de t ? Expressa'l en la forma: (valor de t) $\pm$ (incertesa de t).

Resultat: $3,5 \pm 0,1$ s

2. Representa les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment d'un objecte que el llancem verticalment i cap amunt des de terra: puja, s'atura i torna a caure.

3. (PAU juny 99) D'una aixeta gotegen, separades una de l'altra, dues gotes d'aigua. En un instant determinat, estan separades una distància d . Raona si, amb el pas del temps, mentre cauen, aquesta distància anirà augmentant, minvant o romandrà constant.

4. Deixem anar un objecte des del terrat d'un edifici i observem que xoca amb el terra al cap de 2,5 segons.

- Amb quina velocitat arriba a terra?
- Quina és l'alçada del terrat?
- Fes les gràfiques del moviment.

Resultat: -25 m/s
31,25 m

5. De quina altura ha de caure un objecte perquè arribi a terra amb una velocitat de 100 km/h?

Resultat: 38,6 m

6. Llancem un objecte des de terra cap amunt amb una velocitat de 25 m/s.

- Quina velocitat i posició té al cap de 2 segons?
- Pots calcular-ho també als 4 segons?
- Quant temps tarda en arribar a l'alçada màxima?
- Calcula la màxima altura a la que arriba.

Resultat: 5 m/s i 30 m
-15 m/s i 20 m
2,5 s
31,25 m

7. Un globus es troba a 80 m d'altura. Quant temps tardarà en arribar a terra un objecte que deixem anar des del globus si:

- el globus està parat.
- el globus baixa a 2 m/s.
- el globus puja a 2 m/s.

Resultat: 4 s
3,80 s
4,20 s

8. (PAU juny 99) Javier Sotomayor és l'actual campió de salt d'alçada amb una marca de 2,45 m. Determina la velocitat amb què va saltar verticalment de terra (velocitat de sortida). Suposa negligibles els efectes del fregament amb l'aire.

Resultat: 7 m/s



9. Deixem caure un objecte des de 10 metres d'alçada.
a. Amb quina velocitat arriba a terra?
Resultat: -14,1 m/s
-
10. Al deixar caure una pilota des d'una finestra arriba a terra amb una velocitat de 10 m/s.
a. Quant de temps ha durat la caiguda?
b. A quina alçada està la finestra?
c. Quina és la velocitat mitjana de la caiguda?
Resultat: 1 s
5 m
5 m/s
-
11. Un bombarder en picat baixa verticalment a 720 km/h i deixa caure una bomba, que tarda 10 s en arribar a terra.
a. Des de quina altura cau la bomba?
b. Amb quina velocitat xocarà amb el terra?
Resultat: 2.500 m ; 300 m/s
-
12. Des de dalt d'un pont llancem verticalment i cap amunt una pedra amb una velocitat inicial de 12 m/s i triga 3 segons en arribar al riu.
a. A quina alçada màxima ha arribat la pedra?
b. Quina és l'alçada del pont?
c. Amb quina velocitat ha xocat amb l'aigua?
d. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment.
Resultat: 7,2 m
9 m
-18 m/s
-
13. Des de 40 metres d'alçada llencem un objecte cap a baix amb una velocitat de 10 m/s.
a. Pots saber el temps que tarda en caure?
b. Amb quina velocitat xoca amb el terra?
Resultat: 2 s
-30 m/s
-
14. Deixem caure una pedra.
a. Quin és l'espai que recorre en els 4 primers segons?
b. Quin és l'espai que recorre en els 4 segons següents?
Resultat: 80 m
240 m
-
15. Una persona des de dalt d'un terrat a 30 m d'alçada llença una pilota cap a baix amb una velocitat de 5 m/s. En el mateix moment un seu company en llença una altra des de terra i cap amunt amb una velocitat de 30 m/s.
a. Pots calcular en quin instant es troben les dues?
b. Saps si es troben pujant o baixant?
c. Quina és l'alçada màxima de la segona pilota?
d. Representa aproximadament les gràfiques x-t, v-t i a-t dels dos moviments.
Resultat: 0,85 s
Pujant
45 m
-
16. Un mètode que pot utilitzar-se per determinar la profunditat d'un avenc consisteix en deixar caure una pedra i comptar el temps que transcorre fins que se sent el xoc amb el fons. Suposem que hem sentit el xoc després de 4 segons i no tenim en compte la velocitat del soroll.

- a. Quina és la profunditat de la cova?

Resultat: 80 m

Si tenim en compte la velocitat del so (340 m/s),

- b. Quina serà ara la fondària de l'avenc?

Resultat: 71,7 m

17. Deixem caure un objecte des de 125 m d'alçada i després de 3 segons llancem un objecte.

- a. Amb quina velocitat hem de llançar aquest objecte perquè arribin tots dos al mateix temps a terra.
b. Calcula la velocitat de cada objecte quan arriba a terra.

Resultat: -52,5 m/s
-50 m/s i -72,5 m/s

18. Des de quina alçada deixem caure una pedra si per fer la primera meitat del trajecte tarda 5 segons més que per fer la segona.

Resultat: 722,5 m

19. Llencem una pedra des del terra cap amunt amb una velocitat de 30 m/s. Una persona que està dins de l'edifici veu la pedra entre 1 s i 1,1 s després d'haver-la llençat.

- a. A quina alçada està la finestra?
b. Quines dimensions té la finestra (verticalment)?
c. A quina alçada arribarà la pedra?
d. Fes les gràfiques a-t, v-t i x-t del moviment.

Resultat: 25 m
1,95 m
45 m

20. Un pedra en caiguda lliure passa pel davant d'un observador situat a 300 m de terra. Al cap de 2 segons passa per davant d'un altre observador situat a 200 m de terra. Calcula:

- a. De quina altura cau la pedra.
b. Quan tarda en arribar a terra des que ha començat a moure's.
c. Amb quina velocitat arriba a terra.

Resultat: 380 m
8,72 s
-87,2 m/s

21. (PAU juny 00) Des d'una altura de 200 m sobre el terra llancem verticalment i cap amunt un cos amb una velocitat inicial de 30 m/s.

- a. Feu un dibuix aproximat de la gràfica velocitat-temps corresponent al moviment d'aquest cos des de l'instant de llançament fins que arriba a terra (indiqueu en el gràfic els valors de v i t corresponents als instants inicial i final). Considereu $g = 10 \text{ m/s}^2$.
b. Quant temps tarda a recórrer els darrers 50 m?
c. Quina serà la seva posició respecte al terra a l'instant en què el cos baixa amb una velocitat de mòdul igual a 40 m/s?

Resultat: 0,76 s
165 m

22. Llancem verticalment cap enlaire dos objectes, amb una velocitat de 100 m/s amb un interval de 4 s.

- a. Quin temps passarà des del llançament del primer fins que es trobin?
b. A quina altura es troben?
c. Quines velocitats tindran en el moment de creuar-se?



Resultat: 12s
480m
20 i -20 m/s

23. (PAU juny 03) Un coet és llançat verticalment cap amunt, des del repòs, i puja amb una acceleració constant de $14,7 \text{ m/s}^2$ durant 8 s. En aquest moment se li acaba el combustible, i el coet continua el seu moviment de manera que l'única força a què està sotmès és la gravetat.

- a. *Calcula l'altura màxima a què arriba el coet.*
- b. *Calcula el temps transcorregut des de la sortida fins a la tornada del coet a la superfície de la terra.*
- c. *Fes un gràfic velocitat - temps d'aquest moviment.*

Considera $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Resultat: 1175 m
35,46

4. Moviment circular

1. (PAU setembre 04) La Lluna descriu una òrbita al voltant de la Terra que correspon pràcticament a un moviment circular i uniforme, de període $T = 27,4$ dies. La llum procedent de la Lluna triga $1,28$ s a arribar a la Terra. Calcula la velocitat angular i l'acceleració de la Lluna. Dada: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
Resultat: $2,65 \cdot 10^{-6}$ rad/s
 $2,7 \cdot 10^{-3}$ m/s²
2. (PAU setembre 01) Una partícula segueix una trajectòria circular de 3 m de radi. Si l'angle descrit ve donat per l'equació: $\varphi = t^2 - 1$, on φ està expressat en rad i t en s, quina és la longitud de l'arc recorregut entre els instants $t = 1$ s i $t = 3$ s?
Resultat: 24 m
3. (OIF febrer 01) Un cotxe experimenta una acceleració tant centrípeta com tangencial. Quina de les següents afirmacions és correcta?
 - a. Es mou al llarg d'una línia recta disminuint la seva velocitat.
 - b. Es mou al llarg d'una línia recta incrementant la seva velocitat.
 - c. Es mou al llarg d'una corba a velocitat constant.
 - d. Es mou al llarg d'una corba amb velocitat no constant.**Resultat:** d.
4. (OIF febrer 01) Una partícula es mou descrivint una trajectòria circular horitzontal. Passa per un punt P amb celeritat $|v| = v$ que està disminuint. En el punt P l'acceleració:
 - a. Té la direcció i sentit de la velocitat.
 - b. Té la direcció de la velocitat i sentit contrari.
 - c. Està dirigida cap al centre de la trajectòria.
 - d. Està dirigida cap a una altra direcció.**Resultat:** d
5. (PAU juny 97) Un cos es mou amb acceleració constant és possible que variï la direcció de la seva velocitat? Raona la resposta.
6. (PAU juny 97) De quin tipus és un moviment amb acceleració centrípeta constant i igual a zero? I un moviment amb acceleració constant i igual a zero?
7. (PAU juny 04) Són les dotze en punt. Tant l'agulla horària com l'agulla minuter del rellotge apunten cap amunt. En quin instant tornaran a coincidir, per primer cop, les dues agulles del rellotge?
Resultat: 1 h 52 min 27 s
8. (PAU setembre 97) Quan tardarà a parar-se un disc que gira a 50 revolucions per minut si comença a frenar amb una acceleració constant de 2 rad/s²?
Resultat: $2,61$ s
9. (PAU juny 00) Un cotxe es mou per una carretera seguint una corba i l'agulla del seu velocímetre marca constantment 60 km/h. Té acceleració el cotxe? Raona la resposta.



10. (PAU setembre 99) Un mòbil descriu un moviment circular de radi $r = 2$ m. L'angle descrit pel mòbil en funció del temps ve donat per l'equació $\varphi = t^3 + 5t - 4$ (en unitats del SI). Calcula la velocitat angular i l'acceleració tangencial en l'instant $t = 1$ s.

Resultat: 8 rad/s
12 m/s²

11. Una rentadora centrifuga a 900 rpm i quan està aturada tarda 20 segons en aconseguir aquesta velocitat de rotació. El radi del cilindre és de 30 cm.

- Quina és la velocitat de la roba quan centrifuga?
- Quan tarda en donar una volta?
- Des que s'engega fins que arriba a la màxima velocitat, quantes voltes dona la roba?
- Quina és l'acceleració tangencial?
- Al cap de 2 segons d'engegar quin és el valor de l'acceleració normal?
- Quin és, en aquest instant, el valor global de l'acceleració?
- Calcula també els valors d'aquestes acceleracions als 10 segons d'haver-se engegat el programa del centrifugat.

Resultat: 28,2 m/s
0,066 s
150 voltes
1,41 m/s²
26,64 m/s²
26,68 m/s²
1,41 m/s², 666,1 m/s² i 666,1 m/s²

12. Una sínia (en castellà: "noría") de 40 metres de diàmetre gira amb un període d'un minut.

- Calcula la velocitat lineal de les persones que estan donant voltes.
- Estan accelerant? Si ho fan, amb quina acceleració?
- Quan la sínia s'atura tarda dos minuts en fer-ho, quantes voltes donaran durant la frenada?

Resultat: 2,07 m/s
0,21 m/s²
1 volta

13. (PAU juny 98) En un moviment curvilini l'acceleració forma, en un instant determinat, un angle de 60 graus amb la velocitat i val 6 m/s². Calcula, per a aquest instant, el mòdul de les acceleracions tangencial i normal.

Resultat: 3 m/s²
5,19 m/s²

14. (PAU juny 02) El mòdul de la velocitat d'un punt material que descriu una trajectòria circular ve donat per l'equació (en unitats del SI) $v = 6 + 10t$. Si el radi de la trajectòria és de 100 m, quina serà l'acceleració normal en l'instant $t = 8$ s? I l'acceleració tangencial?

Resultat: 74 m/s² i 10 m/s²

15. (PAU juny 02) Un mòbil que surt del repòs realitza un moviment circular accelerat uniformement. Raoneu si cadascuna de les afirmacions següents és vertadera o falsa:

- El valor de l'acceleració normal del mòbil augmenta amb el temps.
- El valor de l'acceleració tangencial del mòbil no varia amb el temps.

Resultat: Certa
certa

16. (PAU setembre 98) Tres ciclistes, A, B i C, descriuen una corba circular de 20 metres de radi. Calcula l'acceleració total de cada ciclista en un instant en què el mòdul de la seva velocitat és de 10 m/s, sabent que:
- El ciclista A conserva una velocitat de mòdul constant.
 - El ciclista B accelera uniformement i la seva velocitat passa de 9,5 m/s a 10,5 m/s en 0,5 segons.
 - El ciclista C frena uniformement d'11 m/s a 9 m/s en un temps de 0,5 segons.
- Resultat:** 5 m/s²
5,38 m/s²
6,40 m/s²
-
17. El motor d'un cotxe gira a 3.000 rpm. Reduïm una velocitat i per tant el motor augmenta de revolucions passant a 5.000 rpm en només 4 s.
- Calcula quina acceleració angular ha experimentat el motor?
 - Quina acceleració tangencial i normal té un punt de la perifèria del motor situat a 25 cm de l'eix de gir en el moment de començar a reduir?
 - I quins seran aquests valors al cap d'1 segon?
- Resultat:** 52,4 rad/s²
13,1 i 24.674 m/s²
13,1 i 33.599 m/s²
-
18. (PAU juny 99) Una centrifugadora de 12 cm de radi que està inicialment en repòs accelera uniformement durant 20 segons. En aquest interval de temps, $\alpha = 100 \text{ rad/s}^2$. Després manté la velocitat adquirida.
- Amb quina velocitat gira la centrifugadora quan fa 20 segons que funciona? Expressa el resultat en revolucions per minut.
 - Quantes voltes ha fet la centrifugadora després de funcionar durant 20 segons? I després de funcionar 50 segons?
 - Calcula les acceleracions tangencial i normal que com a màxim tenen els objectes a l'interior de la centrifugadora quan aquesta fa un minut que gira.
- Resultat:** 19.099 rpm
3.183 voltes i 12.732 voltes
0 i $4,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}^2$
-
19. Una roda que inicialment està aturada comença a girar i dona 8 voltes fins que arriba a girar amb velocitat angular constant al cap de 8 segons.
- Quin és el valor d'aquesta velocitat?
- Resultat:** 12,56 rad/s
-
20. Un motor d'un cotxe gira, al ralenti, a 1.000 rpm.
- Calcula el període, la freqüència i la velocitat angular del cigonyal.
 - Quina serà la seva acceleració si triplica aquesta velocitat angular en 8 segons?
 - Quantes voltes haurà girat en aquest espai de temps?
- Resultat:** 104,7 rad/s
0,06 s i 16,6 Hz
26,17 rad/s²
266 voltes
-
21. (PAU juny 01) Un mòbil que surt del repòs segueix una trajectòria circular de 3 m de radi amb una acceleració angular constant $\alpha = \pi \text{ rad/s}^2$.
- Quant temps triga a fer una volta completa? Quina és la longitud de l'arc recorregut durant la meitat d'aquest temps?
 - Quina és la velocitat angular del mòbil a l'instant $t = 0,5 \text{ s}$? I l'acceleració normal al mateix instant?



- c. Quant val l'acceleració tangencial del mòbil a l'instant $t = 0,5$ s? Quin angle formen l'acceleració tangencial i l'acceleració total en aquest instant?

Resultat: 2 s i $3\pi/2$ m
 $\pi/2$ rad/s i $3\pi^2/4$ m/s²
 3π m/s² i $38,14^\circ$

22. (PAU juny 03) Una partícula segueix una trajectòria circular. Si l'angle descrit en funció del temps ve donat per l'equació $\varphi = t^2$, on φ està expressat en rad i t en s, calcula:

- a. El temps que triga la partícula a fer les dues primeres voltes.
 b. La velocitat angular de la partícula a l'instant $t = 3$ s.

Resultat: $3,54$ s
 6 rad/s

23. (PAU juny 04) En un moviment circular de radi $r = 6,5$ m la velocitat angular ve donada per $\omega = 2 + 3t$ (en unitats del sistema internacional).

- a. Es tracta d'un moviment circular uniformement accelerat? Per què?
 b. Calcula l'acceleració tangencial i l'acceleració normal del punt mòbil en l'instant $t = 3$ s.
 c. Determina la longitud de l'arc recorregut en els dos primers segons del moviment i la velocitat angular al final de la primera volta.

Resultat: Sí
 $a_t = 19,5$ m/s²
 $a_n = 786$ m/s²
 65 m
 $6,5$ rad/s

24. (PAU setembre 05) Una roda de 3 m de radi realitza un moviment circular uniformement accelerat amb una acceleració angular de 2 rad/s², partint del repòs.

- a. En un mateix instant, tots els punts de la roda tenen la mateixa: a) Velocitat lineal. b) Velocitat angular. c) Acceleració normal.
 b. L'acceleració tangencial: a) Augmenta amb el temps. b) Augmenta amb la distància al centre. c) És la mateixa per a tots els punts de la roda.
 c. L'acceleració normal: a) No depèn del temps. b) És la mateixa per a tots els punts de la roda. c) Va dirigida cap al centre.
 d. Passats 2 s, els punts de la perifèria tenen una velocitat lineal de: a) 12 rad/s. b) 12 m/s. c) 4 m/s.
 e. En aquests 2 s, la roda ha girat: a) Menys d'una volta. b) Més d'una volta. c) Exactament una volta.

Resultat: a.b), b.b), c.c), d.b), e.a)

25. (PAU setembre 06) Un disc es posa a girar des del repòs. En els primers 40 s augmenta la seva velocitat angular de manera uniforme i gira 10 voltes senceres. Calculeu les components intrínseques (normal i tangencial) del vector acceleració per a un punt del disc situat a 15 cm del seu centre, quan fa 15 s que s'ha iniciat el moviment.

Resultat: $a_n = 0,21$ m/s²
 $a_t = 1,2 \cdot 10^{-2}$ m/s²

26. (PAU juny 09) Una atracció d'una fira consisteix en uns cotxes petits que giren a una velocitat de mòdul constant de $3,0$ m/s i que descriuen una circumferència de $8,0$ m de radi en un pla horitzontal.

- a. Calculeu les components intrínseques de l'acceleració d'un dels cotxes.
 b. Si el mòdul de la velocitat dels cotxes, quan finalitza el temps de l'atracció, es redueix de manera uniforme des de $3,0$ m/s fins a $1,0$ m/s en 10 s, calculeu-ne l'acceleració angular i l'acceleració tangencial en aquest interval de temps.

Resultat: $a_t = 0$ i $a_c = 1,125$ m/s²
 $-0,025$ rad/s² i $-0,20$ m/s²

5. Moviment harmònic

1. (PAU juny 99) Un mòbil descriu un moviment harmònic d'equació $x = A \sin \omega t$. Quina serà la seva velocitat en l'instant en què l'elongació sigui màxima ($x = A$)?

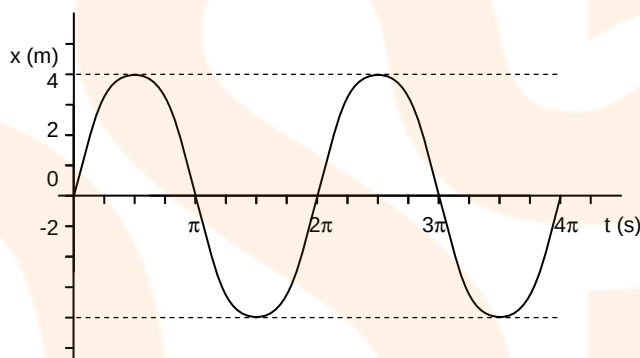
Resultat: 0 m/s

2. L'equació d'un moviment vibratori harmònic és, expressada en unitats internacionals, $x = 6 \sin \pi t$.

- a. *Calcula el període, la freqüència i l'amplitud del moviment.*
b. *Quina serà la seva posició i velocitat quan $t = 0,25$ s?*

Resultat: 2 s, 0,5 Hz i 6 m
4,2 m i 13,19 m/s

3. La gràfica següent correspon a un m.v.h. Pots escriure la seva equació de moviment?



Resultat: $x = 4 \sin t$

4. Un objecte es mou amb un moviment vibratori harmònic amb un període de 4 segons i un desfasament de 0,8 radians. L'origen és la posició d'equilibri i sabem que quan $t = 2$ s la velocitat és -3 m/s.

- a. *Troba l'equació que descriu la posició en funció del temps.*
b. *Calcula la posició i la velocitat de l'objecte quan $t = 1,82$ s.*
c. *La velocitat màxima i el primer instant que l'adquirirà.*

Resultat:

$x = 2,74 \sin(\pi t/2 + 0,8)$
-1,35 m i -3,74 m/s
4,3 m/s i 3,49 s

5. Una partícula té un moviment donat per l'expressió $x = 5 \sin(2t + 0,8)$. Calcula:

- a. *La posició quan $t = 0,1$ s.*
b. *La velocitat en aquest mateix instant.*
c. *El període, l'amplitud i la freqüència del moviment.*

Resultat: 4,21 m
5,4 m/s
3,14 s, Hz, 5 m i 0,32 Hz

6. (PAU setembre 02) Una massa de 4 kg està lligada a l'extrem d'una molla de constant recuperadora $k = \pi^2$ N/m. El conjunt es troba sobre una taula horitzontal sense fregament. La molla s'estira 20 cm i es deixa anar a una velocitat $v_0 = 0$, amb la qual cosa la massa experimenta un moviment vibratori harmònic simple. Quina és la

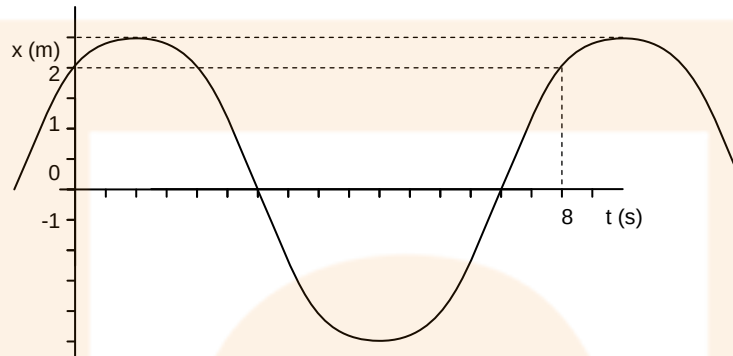


frequència del moviment? Escriu les funcions posició - temps ($x(t)$) i velocitat - temps ($v(t)$) per al moviment de la massa.

Resultat: 0,25 Hz

$$x = 0,2 \cos(\pi \cdot t/2) \text{ i } v = -0,1 \cdot \pi \sin(\pi \cdot t/2)$$

7. Escriu l'equació del m.v.h. que correspon a la següent gràfica:



Dibuixa també la corresponent gràfica v-t.

Resultat:

$$x = 2,5 \sin(\pi t/4 + 0,93)$$

8. Una massa vibra verticalment al llarg d'un segment de 20 cm de longitud amb un moviment vibratori harmònic de 4 segons de període. Determina:

- L'amplitud.
- La velocitat en cada instant.
- La velocitat quan passi just pel mig del segment.
- La velocitat quan estigui en un extrem.
- La posició i la velocitat mig segon després d'arribar a un extrem.

Resultat: 0,1 m

$$v = 0,05\pi \cos \pi t/2$$

$$0,157 \text{ m/s i } 0 \text{ m/s}$$

$$0,0707 \text{ m i } -0,111 \text{ m/s}$$

9. (OIF febrer 01) Un oscil·lador harmònic està format per una massa d'1,0 kg i una molla elàstica; amb $x = 0$ corresponent a la posició d'equilibri. Les condicions inicials són $x(0) = 20 \text{ cm}$ y $v(0) = 6,0 \text{ m/s}$, essent l'amplitud del moviment de 25 cm. El moviment queda descrit per:

- $x(t) = 0,20 \cos(40t - 0,64)$
- $x(t) = 0,25 \cos(40t)$
- $x(t) = 0,25 \cos(40t - 0,64)$
- $x(t) = 0,25 \cos(40t + 0,64)$

Resultat: c

10. (PAU setembre 99) L'equació del moviment d'un cos que descriu un moviment harmònic és, en unitats del SI: $x = 10 \sin(\pi t - \pi/2)$. Quant valen l'amplitud i el període del moviment? I la velocitat del cos per a $t = 2 \text{ s}$?

Resultat: 10 m

$$2 \text{ s}$$

$$0 \text{ m/s}$$

11. (PAU juny 00) L'agulla d'una màquina de cosir oscil·la entre dos punts separats una distància vertical de 20 mm. Suposant que fa un moviment harmònic simple de freqüència 30 Hz, quina és la seva acceleració màxima en unitats de l'SI?

Resultat: 355 m/s²

12. (PAU setembre 00) Un cos descriu un moviment harmònic simple d'equació: $x = A \sin(\omega t + \varphi)$. Quina serà l'equació de la seva velocitat en funció del temps? Quant val la constant de fase φ si per a $t = 0$ la velocitat del cos és nul·la?

Resultat: 90°

13. (PAU juny 04) Un punt material que efectua un moviment harmònic simple realitza 1.700 oscil·lacions d'amplitud 20 cm en 10 s i genera una ona transversal que es propaga a 340 m/s. Calcula'n la longitud d'ona. Sabent que la posició inicial del punt material és la de màxima elongació, escriu l'equació $y(x,t)$ d'aquesta ona en unitats del sistema internacional.

Resultat: 2 m

$$y = 0,2 \cos 2\pi (x/2 - 170t)$$

14. (PAU juny 04) Un cos de massa m es troba sobre una superfície horitzontal sense fricció, lligat a l'extrem d'una molla ideal. El cos experimenta un moviment vibratori harmònic simple, representat per l'equació $x = 0,02 \cos (10 t + \pi/2)$ en unitats del sistema internacional.

- Calcula els valors màxims de la posició i la velocitat del cos. Indica en quins punts de la trajectòria s'assoleixen aquests valors màxims.
- Si $m = 150$ g, Calcula la constant recuperadora de la molla. Calcula també l'energia total del moviment.
- Calcula el mòdul de la velocitat del cos quan aquest es troba en la posició corresponent a la meitat de l'amplitud.

Resultat: 0,02 m i 0,2 m/s

15 N/m i 0,003 J

0,173 m/s

15. (PAU juny 05) Una ona harmònica transversal es propaga per un medi material homogeni segons l'equació $y(x, t) = 0,3 \cos \pi (1,5 t - 3 x)$, expressada en unitats del SI. Determina:

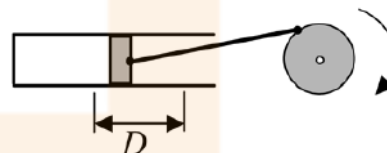
- La velocitat de propagació de l'ona, la longitud d'ona i el període.
- L'amplitud de l'oscil·lació d'una partícula del medi i la seva velocitat màxima en el moviment d'oscil·lació.
- L'acceleració, en el moviment d'oscil·lació, d'una partícula del medi que es troba en la posició $x = 0,25$ m en l'instant $t = 1$ s.

Resultat: 0,5 m/s, 0,67 m i 1,33 s

0,3 m i 1,4 m/s

4,71 m/s²

16. (PAU setembre 09) L'èmbol d'una màquina de vapor té un recorregut $D = 100$ cm i comunica a l'eix una velocitat angular de 60 rpm. Si considerem que el moviment de l'èmbol descriu un moviment harmònic simple, deduïu el valor de la velocitat que té quan és a una distància de 20 cm d'un dels extrems del recorregut.



Resultat: 2,51 m/s

17. (PAU juny 06) Una partícula descriu un moviment vibratori harmònic horitzontal. La seva posició en funció del temps ve donada per l'equació $x = 0,40 \sin (\pi t)$, en unitats de l'SI. Calcula:

- La freqüència del moviment.
- L'acceleració de la partícula quan es troba a 20 cm a l'esquerra de la seva posició d'equilibri.

Resultat: 0,5 Hz

1,97 m/s²



18. (PAU juny 06) Un objecte de massa 3 kg penja d'una molla. Des de la seva posició d'equilibri l'estirem cap avall una distància de 25 cm i, des d'aquest punt i trobant-se inicialment en repòs, el deixem oscil·lar lliurement. El període d'oscil·lació és d'1 s. Determina:

- Les constants A , ω , ϕ , en unitats de l'SI, de l'equació $y = A \cos(\omega t + \phi)$ que descriu el moviment de l'objecte.
- El valor màxim de l'acceleració de l'objecte, la seva direcció i sentit, i els punts de la trajectòria en què s'assoleix.
- La constant recuperadora de la molla.

Resultat: 0,25 m, 2π rad/s i π rad
 9,87 m/s²
 118 N/m

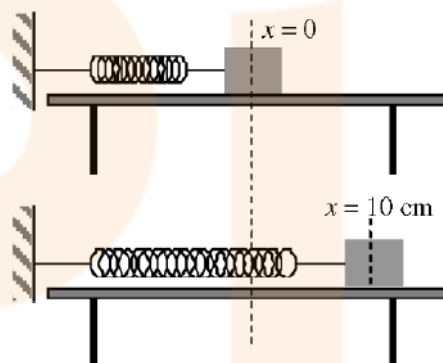
19. (PAU juny 08) Una molla horitzontal està unida per l'extrem de l'esquerra a la paret i per l'extrem de la dreta a una partícula de massa 2 kg. Separem la partícula una distància de 25 cm cap a la dreta de la seva posició d'equilibri i la deixem anar. En aquest moment comencem a comptar el temps. La partícula descriu un moviment harmònic simple amb un període de 0,75 s. Quan la partícula es trobi a 0,10 m a la dreta del punt central de l'oscil·lació i s'estigui movent cap a la dreta, determineu:

- L'energia cinètica de la partícula.
- L'energia mecànica del sistema.
- La força resultant que actua sobre la partícula. Doneu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.

Resultat: 3,7 J
 4,4 J
 14,04 N

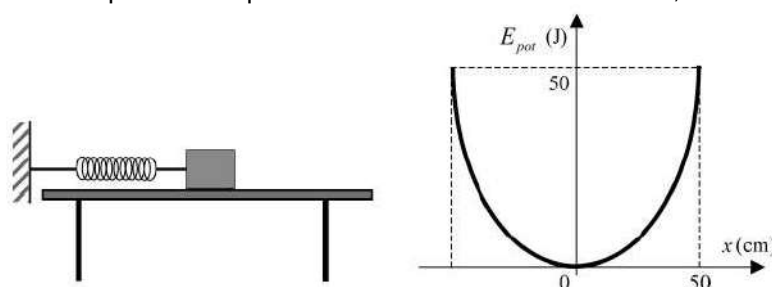
20. (PAU setembre 08) Sobre una taula horitzontal hi ha una massa de 380 g lligada a l'extrem d'una molla de constant recuperadora $k = 15$ N/m. L'altre extrem de la molla és fix, i el fregament del conjunt és negligible. Desplacem la massa 10 cm des de la posició d'equilibri, tal com es veu a les figures següents, i la deixem anar. Trobeu:

- El període del moviment.
- L'equació del moviment, tenint en compte que quan $t = 0$ s, la molla està a l'elongació màxima positiva, com es veu a la segona figura.
- L'energia cinètica de la massa quan passa per un punt situat 2 cm a la dreta de la posició d'equilibri.



Resultat: 1 s
 $x = 0,10 \cdot \sin(6,28t + \pi/2)$
 $7,20 \cdot 10^{-2}$ J

21. (PAU juny 09) Una molla, situada sobre una taula horitzontal sense fregament, està fixada per un dels extrems a una paret i a l'altre extrem hi ha lligat un cos de 0,5 kg de massa. La molla no està deformada inicialment. Desplacem el cos una distància de 50 cm de la seva posició d'equilibri i el deixem moure lliurement, amb la qual cosa



descriu un moviment vibratori harmònic simple. L'energia potencial del sistema en funció del desplaçament es representa amb la paràbola de la gràfica següent: Determineu el valor de la constant recuperadora de la molla i el valor de la velocitat del cos quan té una elongació de 20 cm.

Resultat: 400 N/m i 13 m/s

22. (PAU juny 09) Un cos de 10 kg de massa es penja d'una molla vertical i s'observa que la molla s'allarga 2 cm. A continuació, estirem la molla cap avall i el sistema comença a oscil·lar fent un moviment harmònic simple de 3 cm d'amplitud. Calculeu:

- L'equació del moviment que seguirà el cos.*
- La velocitat del cos oscil·lant al cap de 5 s d'haver començat el moviment.*
- La força recuperadora de la molla al cap de 6 s d'haver començat el moviment.*

Resultat: $X = 0,03 \cdot \cos(22,1t + \pi)$
-0,343 m/s
-117 N



6. Composició de moviments

1. (PAU setembre 97) Un vaixell que desenvolupa una velocitat de 40 km/h s'utilitza per travessar un riu de 500 m d'amplada. Si la velocitat del riu és d'1,5 m/s i el vaixell (línia proa - popa) sempre es manté perpendicular als marges del riu,
- Quina serà la velocitat del vaixell respecte d'un observador situat als marges del riu?
 - A quin punt de l'altre marge arribarà?
 - Quina serà l'equació de la trajectòria del vaixell?
- Resultat:** 11,21 m/s
67,5 m
 $r = 1,5\text{m/s } t \text{ i } + 11,11\text{m/s } t \text{ j}$
-
2. Una barca, que pot anar a una velocitat màxima de 14,4 km/h, transborda cotxes d'una riba a l'altra d'un riu que fa 80 metres d'amplada. El corrent del riu és de 3 m/s.
- Si la barca s'orienta perpendicularment al riu, quina serà la seva velocitat real (mòdul i direcció)? **Recorda:** fes un esquema clar!
 - En aquest cas, quant tardaria en travessar el riu i a quina posició de l'altra riba atracaria?
 - Si la barca vol seguir una trajectòria perpendicular al riu, amb quina direcció l'ha d'orientar el capità? **Torna a recordar:** has de fer un nou esquema!!!
 - En aquest cas, quina seria la seva velocitat real? Quant temps tardaria en travessar el corrent d'aigua?
- Resultat:** 5 m/s 36,8°
20 s 60 m
48,5°
2,64 m/s 30,23 s
-
3. (PAU juny 06) Una partícula descriu un moviment parabòlic en les proximitats de la superfície de la Terra.
- Es conserva: a) L'energia cinètica de la partícula. b) La quantitat de moviment de la partícula. c) L'energia mecànica de la partícula.
 - En el punt més alt de la trajectòria de la partícula, es compleix que: a) L'acceleració normal de la partícula és nul·la. b) L'acceleració tangencial de la partícula és nul·la. c) La velocitat de la partícula és nul·la.
- Resultat:** a.c), b.b)
-
4. Des d'un avió que vola a 720 km/h horitzontalment a 200 metres d'altura s'ha de llançar un paquet a un cotxe que va per l'autopista a 108 km/h. A quina distància del cotxe ha de deixar anar l'avió aquest objecte? A quina distància l'hauria de deixar anar si el cotxe circulés en sentit contrari?
- Resultat:** 1.075 m
1.454 m
-
5. De dalt d'un cingle de 300 m d'altura llancem horitzontalment un objecte amb una velocitat de 40 m/s.
- Quan tarda en arribar a terra?
 - A quina distància de la base del cingle hi arriba?
- Resultat:** 7,75 s; 310 m
-
6. Llancem un projectil amb una velocitat inicial de 100 m/s en una direcció que forma un angle de 60° amb l'horitzontal. Calcula:

- a. El seu abast.
- b. La seva altura màxima.
- c. La posició, la velocitat i l'acceleració que té quan al cap de 2 segons.

Resultat: 866 m; 375 m
(100, 153,2) m
(50, 67) m/s
(0, -10) m/s²

7. Llanço una pilota amb una velocitat de 16 m/s i fent un angle de 60 graus amb el terra. A 20 metres hi ha un arbre de 4 metres d'altura.

- a. Passarà la pilota per sobre d'aquest arbre?
- b. Si passa, a quina posició xocarà la pilota amb el terra?
- c. Si no passa, a quina alçada xocarà amb l'arbre?
- d. Si no passa, xocarà amb l'arbre pujant o baixant?

Resultat: No passa
3,375 m

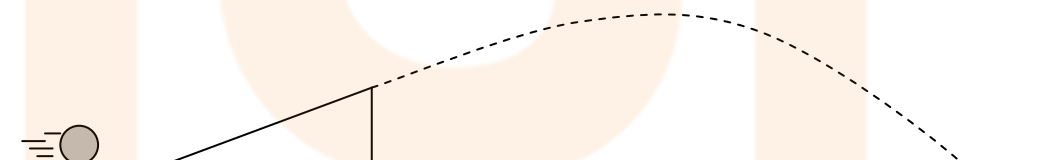
8. Des de terra llenço un objecte amb una velocitat de 20 m/s i amb un angle de 45 graus. A 22 metres hi ha un edifici de 8 metres d'alçada amb un terrat molt ample i llarg.

- a. Arribarà aquest objecte al terrat o bé xocarà contra la paret vertical d'aquest edifici?
- b. Si arriba al terrat, a quin lloc del terrat caurà exactament l'objecte?
- c. Si xoca amb la paret, on tindrà lloc l'impacte?

Resultat: Arriba al terrat
28 m

9. Des de terra deixo anar una pilota amb una velocitat de 8 m/s i puja per la rampa però frena amb una acceleració de 6 m/s². L'alçada del pla inclinat és de 2 metres i la pilota recorre 4 metres mentre el puja. Calcula:

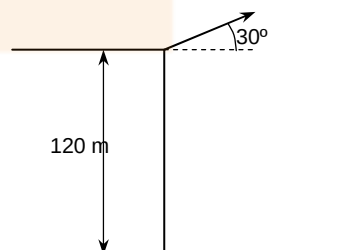
- a. Quina serà l'alçada màxima durant la caiguda lliure després d'abandonar la rampa?
- b. A quin lloc del terra caurà exactament aquesta pilota?



Resultat: 2,204 m
3,028 m

10. (PAU setembre 98) Es llança un cos de 5 kg des d'un penyasegat que està a una alçada de 120 m sobre l'aigua. La velocitat inicial del cos té un mòdul de 100 m/s i forma un angle de 30° amb l'horitzontal. Si la fricció amb l'aire és negligible,

- a. Quant valdrà el component horitzontal de la velocitat en el moment de l'impacte amb l'aigua?
- b. En quin instant, després de llançar-lo, el cos es troba a una altura de 80 metres sobre l'aigua?
- c. Quina serà l'energia cinètica del cos en aquest punt de la trajectòria?



Nota: considera $g = 10 \text{ m/s}^2$



Resultat: 86,6 m/s
10,74 s
27.000 J

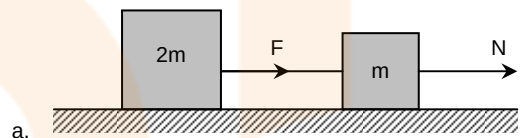


Dinàmica

1. Exercicis senzills

1. (OIF febrer 01) Una massa $2m$ està enganxada a una massa m a través d'una corda, com es mostra a la figura. Una força N actua sobre la massa m tot accelerant el sistema. La força F en la corda que actua sobre la massa $2m$ val:

- a. $(2/3) N$
- b. N
- c. $(3/2) N$
- d. $2N$



a.

2. (OIF febrer 01) Un home que s'està pesant dalt s'un ascensor observa que el pes que marca la bàscula és major que el seu pes real.

- a. L'ascensor es mou cap amunt amb velocitat decreixent.
- b. L'ascensor es mou cap avall amb velocitat decreixent.
- c. L'ascensor es mou cap amunt amb velocitat creixent.
- d. L'ascensor es mou cap avall amb velocitat constant.

c.

3. (OIF febrer 01) Quina d'aquestes frases inclou els elements essencials de la Primera Llei de Newton?

- a. Un cos en repòs roman sempre en aquestes condicions a no ser que actuï sobre ell una força no nul·la.
- b. Per cada acció hi ha sempre una reacció igual i oposada.
- c. Un cos persisteix en el seu estat de repòs o de moviment uniforme en una línia recta mentre actuï sobre ell una força de valor constant.
- d. Un cos persisteix en el seu estat de repòs o de moviment uniforme en una línia recta sempre i quan no actuï sobre ell cap força.

d.

4. (OIF febrer 01) Una persona de 80 kg de massa està conduint un cotxe. Si en un determinat instant nota que el respall del seu seient l'empeny endavant amb una força d'uns 40 N, quina de les següents situacions no pot produir l'esmentat efecte?

- a. El cotxe circula costa amunt per una carretera inclinada $0,05$ radians, a una celeritat constant de 30 m/s.
- b. El cotxe circula costa avall, pel pendent anterior, augmentant la seva celeritat a un ritme d' $1,0$ m/s².
- c. El cotxe està frenant, a raó de $0,5$ m/s², amb l'objectiu d'acabar una maniobra (en terreny pla) de marxa enrera.
- d. El cotxe accelera endarrere en terreny pla augmentant la seva celeritat a raó de $0,5$ m/s².

d

5. (PAU juny 97) És possible que la velocitat d'un cos estigui dirigida cap a l'est i la força que actua sobre ell cap a l'oest? Raona la resposta.



6. A un cos de 1.000 kg que està sobre el terra se'l sotmet a una força horitzontal de 300 N durant 5 segons. Suposa que es pot moure lliurement i que no hi ha fricció amb el terra.

- a. *Calcula l'acceleració que tindrà.*
- b. *La seva velocitat al cap dels 5 segons.*

0,3 m/s²
1,5 m/s

7. Un cotxe de 400 kg porta una velocitat de 72 km/h.

*Calcula la força que han de fer els frens per aturar-lo en 20 segons.
Quina força han de fer els frens si el cotxe ja té una fricció de 100 N?*

- 400 N
- 300 N

8. Un cos de 80 kg es desplaça per una pista horitzontal aplicant-li una força constant de 100 N. La seva força de fricció és de 20 N.

- a. *Calcula l'acceleració que adquireix.*

1 m/s²

9. Si sostenim amb la mà un cos de 10 kg, calcula la força que hauré de fer jo en els casos següents.

- a. *Mantenir-lo en repòs.*
- b. *Pujar-lo amb una acceleració d'1 m/s².*
- c. *Baixar-lo amb una acceleració d'1 m/s².*

100 N
110 N
90 N

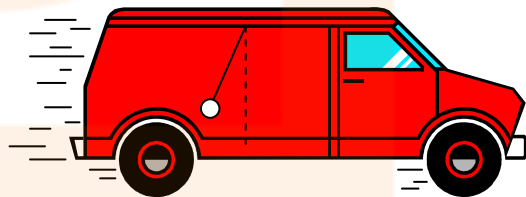
10. (PAU juny 03) Una massa de 5 kg està penjada d'un fil vertical, inextensible i de massa negligible. Si la tensió del fil té un valor de 60 N, raona quina de les propostes següents és correcta:

- a. *La massa puja a velocitat constant.*
- b. *La massa té una acceleració cap amunt de 2 m/s².*
- c. *La massa es troba en repòs.*

Considera $g = 10 \text{ m/s}^2$.

L'opció b

11. (PAU juny 01) El pèndol de la figura està penjat del sostre d'un vehicle que es mou d'esquerra a dreta. Raona si el vehicle està frenant, accelerant o es mou a velocitat constant. Quina seria la resposta a la pregunta anterior si la posició observada del pèndol fos vertical en relació amb el vehicle?



Accelerant
velocitat constant

12. Dos patinadors, un de 40 kg i l'altre de 80 kg de massa, es troben un davant de l'altre. Estan sobre una superfície sense fricció i el primer empeny al segon amb una força de 20 N.

- a. *Calcula l'acceleració que tindrà cadascun d'ells.*
- b. *Calcula-la també en el cas que el que empenyi sigui el segon al primer però ho fa amb la mateixa força.*

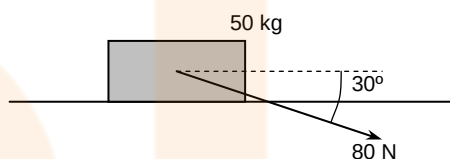
13. A un cos de 50 kg que està sobre una superfície horitzontal se li aplica una força, també horitzontal, de 100 N. Sabem que la força de fricció és de 40 N.

a. Calcula l'acceleració que adquireix el cos.
b. La velocitat que porta al cap de 8 segons si parteix del repòs.
c. La seva posició al final d'aquests 8 segons.

1,2 m/s²
9,6 m/s
38,4 m

14. A un cos de 50 kg se li aplica una força constant de 80 N que fa un angle de 30 graus amb l'horitzontal (tal com està representat en el dibuix). Suposa que no hi ha fricció amb el terra.

a. Calcula l'acceleració que tindrà.
b. Quina força farà el terra sobre ell?
c. Calcula la velocitat de l'objecte després d'haver recorregut una distància de 6 m partint del repòs (calcula primer el temps).

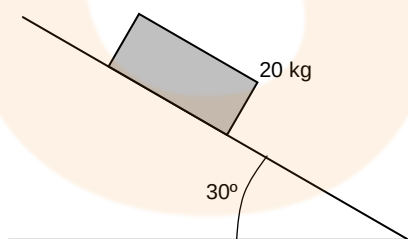


1,38 m/s²
540 N
4,06 m/s

15. (PAU juny 99) Un cos de massa 25 kg puja amb velocitat constant per un pla inclinat que forma un angle de 15° amb l'horitzontal. Sobre el cos hi actua una força de mòdul F paral·lela al pla inclinat. Si el fregament entre el cos i el pla és negligible, quant val F ?

64,7 N

16. Calcula l'acceleració i la força de reacció del terra sobre l'objecte de 20 kg de la figura de sota.



5 m/s²
172 N

17. Un cos de 3 kg que està inicialment aturat baixa per un pendent de 30 graus. Sabem que la força de fricció és de 5,7 N i que tarda 8 segons en baixar.

Calcula quina serà la seva velocitat al final del pendent.

24,8 m/s

18. Calcula la massa d'un objecte que baixa per un pendent de 30 graus amb una acceleració de 2 m/s² si sabem que la fricció és de 6 N.

2 kg

19. (PAU juny 99) Aixequem un cos de 10 kg de massa mitjançant un fil. Si la tensió de ruptura del fil és de 200 N, quina és la màxima acceleració amb què es pot aixecar el cos sense que es trenqui el fil?

a màx = +10 m/s²



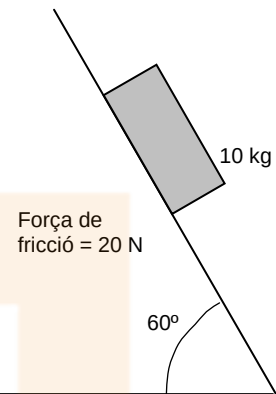
20. Quina és l'acceleració i la reacció del terra sobre l'objecte de 10 kg (esquema de la dreta) si té una fricció de 20 N?

6,6 m/s²
50 N

21. Un cos de 100 kg baixa per un pla inclinat 45 graus amb una acceleració de 6 m/s².

- Calcula la força de fricció.
- El temps que tarda en adquirir una velocitat de 6 m/s si partia del repòs.
- L'espai que ha recorregut en aquest temps.

100 N
1 s
3 m



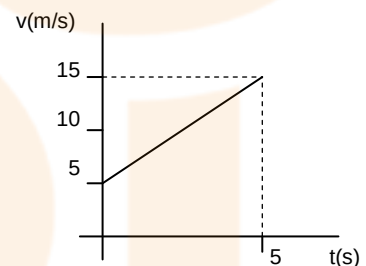
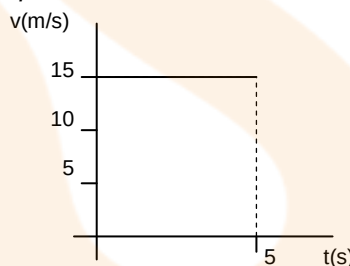
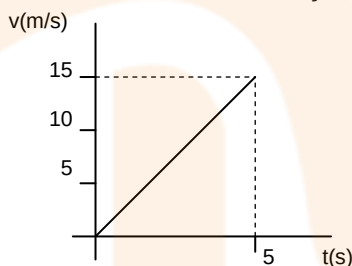
22. A un vagó de 2.000 kg se li aplica una força de 500 N. Si sabem que no hi ha fricció,

- Quina acceleració adquireix?
- Quin espai haurà recorregut al cap de 10 segons?
- Si deixa d'actuar la força, quina serà la seva posició final al cap de 10 segons més?

0,25 m/s²
12,5 m/s
37,5 m

23. Un cos de 75 kg ha realitzat els següents moviments:

- Calcula la força a què ha estat sotmès en cada cas.



225 N
0 N
150 N

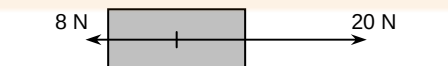
24. Un cotxe de 500 kg pot accelerar a raó de 2 m/s² com a màxim.

- Quina seria la seva acceleració si està remolcant un cotxe igual?

1 m/s²

25. La massa del cos dibuixat es de 3 kg. Sobre ell actuen les forces indicades.

- Quina direcció i sentit té la força resultant?
- Amb quina acceleració es mou el cos?



12 N
4 m/s²

26. Un cos de 25 kg està sotmès a una acceleració de 8 m/s². La força que actua sobre ell és la resultant de dues forces que tenen la mateixa direcció. Una d'elles val 3.000 N.

- Quant val l'altra?

b. Actuen en el mateix sentit?

2.800 N

27. Quina força hem de fer per aixecar un cos d'1 kg amb moviment rectilini uniforme? I si el volem aixecar amb una acceleració de 2 m/s^2 ?

10 N

12 N

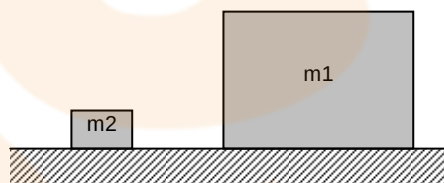
28. Hem portat la nostra bàscula de bany a l'interior d'un ascensor i provem de pesar-nos en diverses circumstàncies. Sabent que amb l'ascensor aturat la bàscula marca 55 kg, què marcarà quan l'ascensor:

- Comenci a pujar amb una acceleració de 2 m/s^2 .
- Pugi amb una velocitat constant de 15 m/s .
- Freni amb una acceleració de 2 m/s^2 , en arribar al desè pis.
- Comenci a baixar accelerant a 2 m/s^2 .
- Arribi a baix i freni amb una acceleració de 2 m/s^2 .

66, 55, 44, 44 i 66 kg

29. (OIF febrer 01) Imagina una col·lisió frontal entre el bloc lleuger m_2 i el gran bloc m_1 $\gg m_2$. Durant la col·lisió:

- El bloc gran exerceix una força sobre el bloc lleuger, més gran que la força que el bloc lleuger exerceix sobre el bloc gran.
- El bloc lleuger exerceix una força sobre el bloc gran, més gran que la força que el bloc gran exerceix sobre el bloc lleuger.
- El bloc gran exerceix una força sobre el bloc lleuger, però aquest no exerceix cap força sobre el bloc gran.
- El bloc gran exerceix una força sobre el bloc lleuger, igual que la força que el bloc lleuger exerceix sobre el bloc gran.



d

30. (PAU) A quina distància de la Terra la gravetat es redueix a una desena part del seu valor a la superfície? Dada: Radi de la Terra = 6.400 km.

20.238 km del centre de la Terra

31. (PAU) Un satèl·lit artificial de massa 2.000 kg està en òrbita circular al voltant de la Terra a una altura de $3,6 \cdot 10^6 \text{ m}$ sobre la superfície terrestre. Determina:

- La relació entre la intensitat del camp gravitatori g aquesta altura i el seu valor a la superfície de la Terra.
- Representa la força que actua sobre el satèl·lit i calcula'n el mòdul. Sobre quin cos actuaria la força de reacció corresponent?
- Quant valdrà la velocitat del satèl·lit?

Dades: $R = 6.400 \text{ km}$; $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

0,4096

8.040 N, sobre el planeta Terra

6.340 m/s

32. (PAU setembre 97) Un bomber de 70 kg baixa lliscant per un pal. Si la seva acceleració és de 3 m/s^2 ,

- Quina força vertical fa el pal sobre el bomber?
- I el bomber sobre el pal?

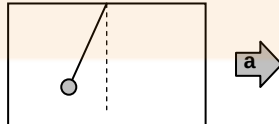
490 N

- 490 N



33. (PAU setembre 98) Un pèndol està penjat del sostre d'un cotxe. El cotxe arrenca i viatja amb una acceleració constant de 120 cm/s^2 durant 2 minuts.

- Fes un diagrama de les forces que actuen sobre la massa del pèndol i indica la direcció i el sentit de la resultant.
- Calcula l'angle que forma el fil del pèndol amb la vertical.
- Determina la distància que ha recorregut el cotxe durant els 2 minuts i la seva velocitat final.



Horitzontal dreta
 $6,98^\circ$
 8640 m i 144 m/s

34. (PAU setembre 08) En una experiència de laboratori, mesurem la longitud d'una molla vertical fixada per l'extrem superior quan hi pengem diferents masses de l'extrem inferior. A la taula següent hi ha els resultats obtinguts, on ΔL representa l'allargament de la molla quan li pengem de l'extrem inferior una massa m .

m (g)	200	300	400	500	600	700
ΔL (cm)	32,7	49,0	65,3	81,7	98,0	114,3

- Representeu gràficament l'allargament (ordenada) en funció de la força que actua sobre la molla (abscissa). Doneu l'equació de la funció que ajusta els valors experimentals.
- Determineu la constant elàstica de la molla. Expresseu el resultat en les unitats del sistema internacional (SI).

DADES: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Resultat: $\Delta L = 16,7 \cdot F$
 $5,99 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}$

35. (PAU setembre 02) Una molla de constant recuperadora $k = 50 \text{ N/m}$ i longitud natural $l_0 = 2 \text{ m}$ està lligada al sostre d'un ascensor. Si pengem de l'extrem lliure de la molla un cos de massa $m = 3 \text{ kg}$, quina serà la longitud de la molla quan

- l'ascensor pugi amb una acceleració igual a 2 m/s^2 en el sentit del moviment?
- l'ascensor pugi a una velocitat constant?

2,71 m
 2,59 m

2. Forces de fricció

1. (OIF febrer 01) Dos objectes estan lliscant a la mateixa velocitat en una superfície de fusta. El coeficient de fregament cinètic entre el primer objecte i la superfície és doble que entre el segon objecte i la superfície. La distància recorreguda pel primer objecte abans d'aturar-se és S . La distància recorreguda pel segon objecte és:
- $S/2$.
 - $2S$.
 - $4S$.
 - Impossible de determinar sense conèixer les masses involucrades.

Resultat: b.

2. Un ascensor de 300 kg té una fricció de 1.000 N. Calcula la tensió del cable en els següents casos:
- L'ascensor puja amb velocitat constant de 5 m/s.
 - Baixa amb el doble de velocitat.
 - L'ascensor accelera cap amunt a raó de 2 m/s^2 .
 - Accelera cap avall amb la mateixa acceleració.

Resultat: 4.000 N
2.000 N
4.600 N
1.400 N

3. Perquè una caixa de fusta de 120 kg, recolzada sobre el terra, comenci a moure's es necessita una força de 500 N.
- Calcula el coeficient estàtic de fricció entre la caixa i el terra.

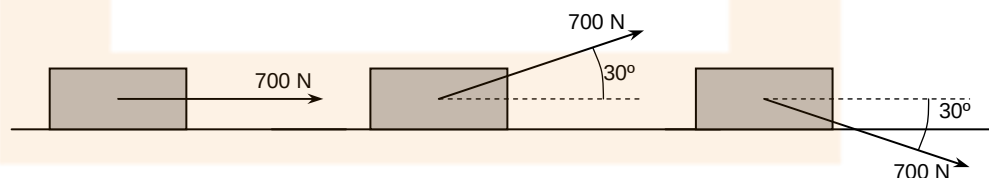
Resultat: 0,42

4. Calcula el pes d'una caixa sabent que per arrossegar-la per terra s'ha de fer una força de 800 N i el coeficient estàtic de fricció és 0,8.

Calcula també quina acceleració adquireix en aplicar-li una força de 1.000 N si el coeficient cinètic de fricció és 0,7.

Resultat: 1.000 N
 3 m/s^2

5. El coeficient cinètic de fricció entre el terra i el bloc de la figura és 0,4.



- Calcula l'acceleració en cadascun dels casos següents si el bloc té una massa de 100 kg.

Resultat: $3,08 \text{ m/s}^2$
 $3,5 \text{ m/s}^2$
 $0,74 \text{ m/s}^2$

6. Els coeficients estàtic i cinètic de fricció entre un cos i el terra són 0,4 i 0,3 respectivament. La massa de l'objecte és de 60 kg.

- Calcula si amb una força de 300 N podríem moure'l.



- b. En cas de fer-ho, quina seria l'acceleració del moviment?

Resultat: Sí
2 m/s²

7. El coeficient de fricció entre les rodes d'un cotxe (quan no roden) i el terra és 0,8. El cotxe va a una velocitat de 90 km/h i el conductor prem el fre a fons.

- a. Quina distància recorre el vehicle abans d'aturar-se si llisca per la carretera?

Resultat: 39,82 m

8. Es llança un bloc de gel de 2 kg sobre una superfície gelada amb una velocitat de 15 m/s i recorre 97,8 m abans d'aturar-se.

- a. Calcula el coeficient cinètic de fricció entre el gel.

- b. Quina és l'acceleració del moviment?

Resultat: 0,115
1,15 m/s²

9. Posem un bloc en un pla inclinat. El coeficient estàtic de fricció entre ell i el terra és 0,8.

- a. Quin és l'angle màxim d'inclinació que pot tenir el pla si no volem que el bloc baixi?

Resultat: 38,6°

10. Col·loquem un objecte de 2 kg en un pla inclinat 30 graus. Suposem que aquest pla inclinat té una longitud de 3 metres.

- a. Calcula l'acceleració amb què baixa si el coeficient cinètic de fricció és 0,2.

Resultat: 3,26 m/s²

11. (PAU setembre 99) Col·loquem un cos sobre un pla inclinat 60° respecte de l'horitzontal. El coeficient de fricció estàtic entre el cos i el pla és $\mu = 0,5$. Raona si el cos quedarà en repòs o començarà a baixar.

12. Calcula el coeficient de fricció entre un trineu i el terra, sabent que al baixar per un pendent de 20 graus adquireix una acceleració de 3 m/s².

Resultat: 0,044

13. Un objecte de 4 kg està situat en un pla inclinat 45 graus. Els coeficients de fricció amb el terra són 1,2 i 0,8.

- a. Es podrà aguantar quiet?

- b. Si li donem una empenta, amb quina acceleració baixarà?

- c. Quina acceleració tindrà si el llencem cap amunt?

Resultat: Sí
1,4 m/s²
12,6 m/s²

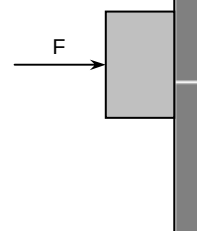
14. Un cos té 0,3 i 0,2 de coeficients de fricció. Apliquem sobre ell una força que va augmentant de mica en mica fins que comença a moure's i en aquest moment es manté invariable.

- a. Calcula l'acceleració del moviment d'aquest objecte.

Resultat: 1 m/s²

15. (PAU setembre 99) Una força horitzontal F empenya contra una paret vertical un cos de 2,5 kg que està inicialment en repòs. Els coeficients de fricció estàtic i cinètic entre la paret i el cos són $\mu_e = 0,6$ i $\mu_c = 0,4$, respectivament.

- a. Si el mòdul de F és igual a 23,4 N, el cos cau verticalment. Quant val en aquest cas la força horitzontal que la paret fa



sobre el cos? I la força vertical de fregament entre la paret i el cos?

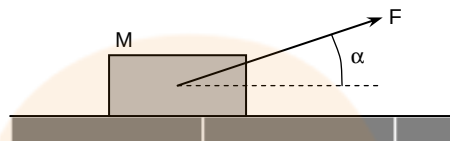
b. Quina serà aleshores l'acceleració del cos?

c. Si $F = 63,5 \text{ N}$, quina serà l'acceleració del cos? Quant valdrà en aquest cas la força de fricció entre la paret i el cos?

Resultat: 23,4 N i 9,36 N
- 6,256 m/s²
0 m/s² i 25 N

16. (PAU juny 00) Un cos de massa $M = 40 \text{ kg}$ està sobre un terra horitzontal amb el qual té una fricció no nul·la. Apliquem al cos una força de mòdul $F = 100 \text{ N}$ que forma un angle $\alpha = 37^\circ$ amb l'horitzontal, i el cos adquireix una acceleració horitzontal d' 1 m/s^2 .

a. Fes un esquema amb totes les forces que actuen sobre el cos. Hi ha entre aquestes forces algun parell d'acció - reacció? Per què?



b. Quant val el mòdul de la força total que actua sobre el cos? I el de la força normal que el terra fa sobre el cos?

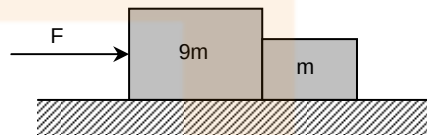
c. Determineu el valor del coeficient de fricció dinàmic entre el cos i el terra.

Resultat: 40 N; 340 N
0,11

3. Sistemes d'objectes

1. (OIF febrer 01) Dos blocs situats sobre una superfície horitzontal llisa (fregament menyspreable) són empesos cap a la dreta per una força F . La força que el bloc de major massa exerceix sobre el de menor massa és:

- a. 0
- b. $F/10$
- c. $9F/10$
- d. F



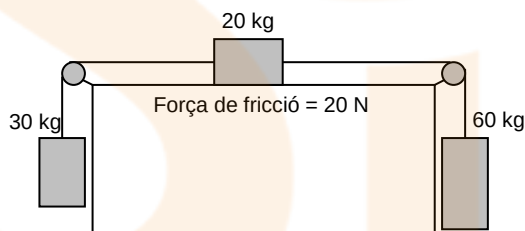
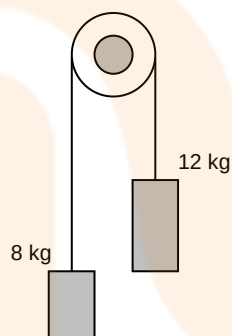
Resultat: b

2. Si ens referim a la situació del problema anterior, la força que el bloc de menor massa exerceix sobre el de major massa és:

- a. 0
- b. $F/10$
- c. $9F/10$
- d. F

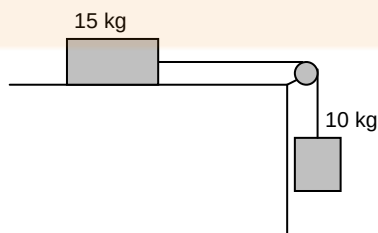
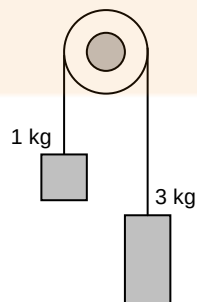
Resultat: b

3. Calcula l'acceleració i les tensions dels següents sistemes. Suposa que les cordes són inelàstiques i que no hi ha cap mena de fricció amb les politges.



Resultat: Resultat: 2 m/s^2
 96 N
 $2,54 \text{ m/s}^2$
 376 N
 447 N

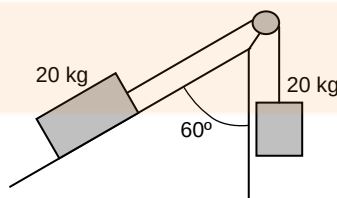
4. Calcula l'acceleració dels dos sistemes, suposant que no hi ha fricció.



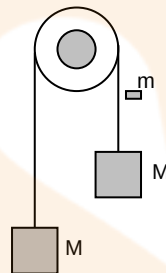
Resultat: 5 m/s^2
 15 N
 4 m/s^2
 60 N

5. Calcula l'acceleració del sistema del dibuix suposant que no hi ha fricció amb el terra.

Resultat: $2,5 \text{ m/s}^2$



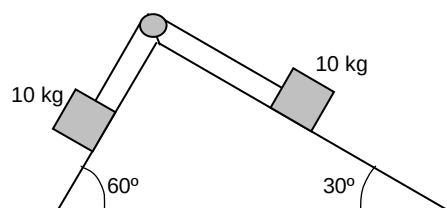
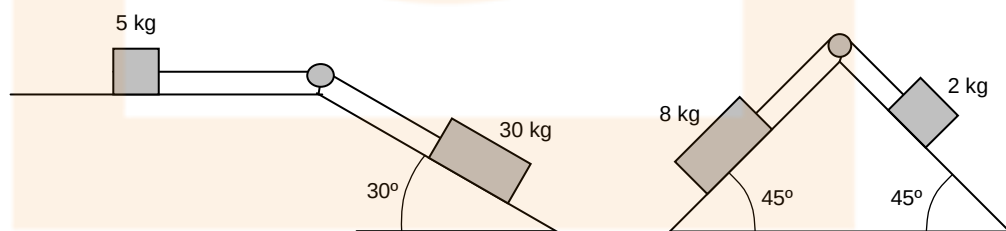
6. (PAU setembre 99) Tenim dues masses iguals ($M = 5 \text{ kg}$) penjades dels extrems d'una corda que passa per una politja. Les masses de la corda i de la politja es poden considerar negligibles. Inicialment les dues masses estan en repòs.



- Considera una de les dues masses M . Fes un esquema de les forces que actuen sobre M i indica sobre quin cos estarien aplicades les forces de reacció corresponents.
- Sobre la massa penjada a la dreta cau un tros de plastilina de massa $m = 500 \text{ g}$ que s'hi queda enganxat. Quina serà l'acceleració de les masses en el moviment posterior al xoc?
- Quins són els valors de la tensió de la corda abans i després del xoc?

Resultat: $0,47 \text{ m/s}^2$
 50 N i $52,38 \text{ N}$

7. Calcula l'acceleració i les tensions dels següents sistemes, suposant que no hi ha cap mena de fricció.



Resultat: $4,28 \text{ m/s}^2$
 $21,4 \text{ N}$
 $4,2 \text{ m/s}^2$
 $22,4 \text{ N}$
 $1,8 \text{ m/s}^2$
 68 N

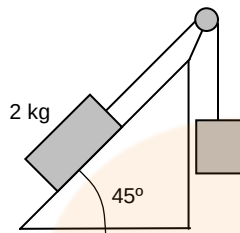
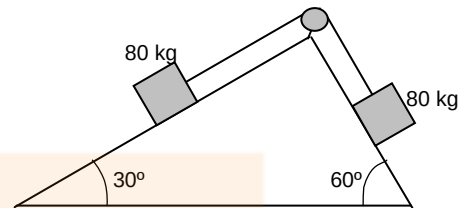


8. Calcula l'acceleració del sistema de la figura sabent que el coeficient cinètic de fricció entre els blocs i el terra és de 0,2.

Resultat: $0,44 \text{ m/s}^2$

9. Calcula el pes P del bloc de la figura sabent que baixa amb una acceleració de $0,5 \text{ m/s}^2$.

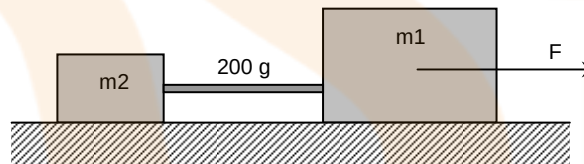
Has de tenir en compte que el coeficient cinètic de fricció entre el bloc de 2 kg i el terra és de 0,1.



Resultat: $17,2 \text{ N}$

10. (OIF febrer 01) Dos cossos de massa $m_1 = 5,8 \text{ kg}$ i $m_2 = 3,0 \text{ kg}$ es troben units per una vareta de massa 200 g , descansant sobre una taula sense fregament. Si s'estira del cos 1 amb una força $F = 18 \text{ N}$, quina d'aquestes afirmacions és certa?

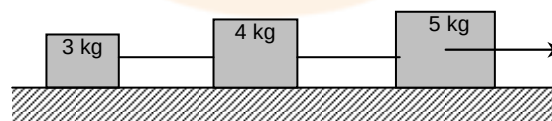
- a. La força que exerceix el cos 1 sobre la vareta és de 18 N .
b. La força que exerceix la vareta sobre el cos 1 és de $6,4 \text{ N}$.



- c. La força que exerceix la vareta sobre el cos 2 és de $6,4 \text{ N}$.
d. La força que exerceix la vareta sobre el cos 2 és de 18 N .

Resultat: b

11. Estirem el sistema de la figura amb una força de 38 N . Calcula l'acceleració del sistema i la tensió de les cordes en els següents casos:

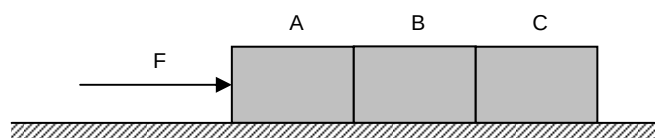


- a. No hi ha friccions.
b. El coeficient de fricció entre els blocs i el terra és de 0,1.

Resultat: $3,17 \text{ m/s}^2$
 $9,5 \text{ i } 22,17 \text{ N}$
 $2,17 \text{ m/s}^2$
 $9,5 \text{ i } 22,17 \text{ N}$

12. (PAU juny 03) Tres cossos iguals de massa $M = 20 \text{ kg}$ cadascun estan en contacte sobre una superfície horitzontal, tal com es veu a la figura. El sistema es mou per l'acció d'una força horitzontal de mòdul F .

- a. Suposa que el fregament entre els cossos i la superfície és negligible, i que la força de contacte entre el cos B i el cos C val 60 N . Calcula



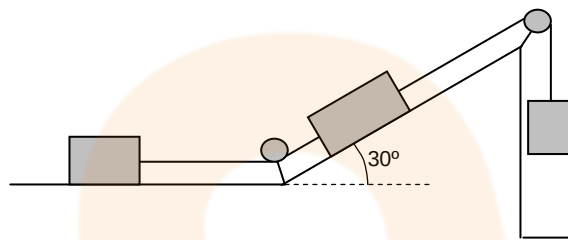
l'acceleració del sistema.

- b. En les condicions de l'apartat anterior, calcula el valor de F i el valor de la força de contacte entre els cossos A i B.
- c. Suposa que el coeficient de fricció entre els cossos i la superfície horitzontal és $\mu = 0,2$. Calcula el valor de F perquè el sistema tingui una acceleració de 2 m/s^2 .

Considera $g = 10 \text{ m/s}^2$

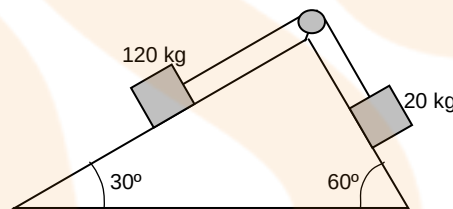
Resultat: 3 m/s^2
 180 N i 120 N
 240 N

13. Els tres blocs del dibuix tenen la mateixa massa. Pots calcular l'acceleració del sistema sabent que el coeficient cinètic de fricció és $0,2$?



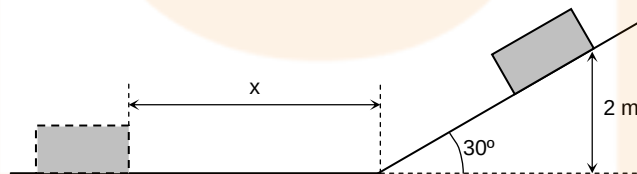
Resultat: $0,41 \text{ m/s}^2$

14. Quina serà l'acceleració del sistema? I cap on es mourà? Sabem que el coeficient cinètic de fricció és $0,3$.



Resultat: $0,59 \text{ m/s}^2$

15. Sabem que el coeficient cinètic de fricció entre el cos i el terra és de $0,1$. Calcula la distància x que recorrerà sobre el pla horitzontal abans d'aturar-se. L'hem deixat lliscar des d'una alçada de 2 metres.

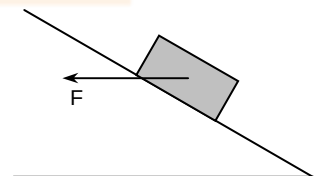


Resultat: $16,53 \text{ m}$

16. (PAU juny 97) Sobre un cos de $m = 2 \text{ kg}$ que es troba sobre un pla inclinat un angle de 30° , hi actua una força F de direcció horitzontal, tal com s'indica a la figura. Si el coeficient de fricció entre el cos i el pla és negligible,

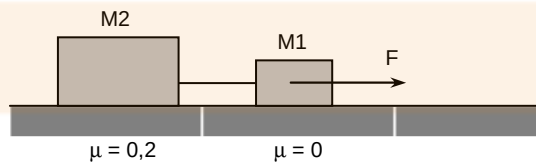
- a. Quines altres forces actuen sobre el cos i quins són llurs direccions i sentits?
- b. Quant haurà de valer la força F si el cos es mou cap a la part superior del pla inclinat amb velocitat constant?

- c. Si el coeficient de fricció entre el cos i el pla és $\mu = 0,3$, com canviarien els apartats anteriors? (Nota del professor: aquest apartat numèricament és difícil!).



Resultat: 11,54 N
21,39 N

17. (PAU juny 98) Dos blocs amb masses $M_1 = 4 \text{ kg}$ i $M_2 = 8 \text{ kg}$, units per una corda, es mouen per una superfície horitzontal. El fregament del primer amb el terra és negligible, i per al segon el coeficient de fricció dinàmic amb el terra val $\mu = 0,2$. S'aplica una força horitzontal $F = 50 \text{ N}$ al primer cos.



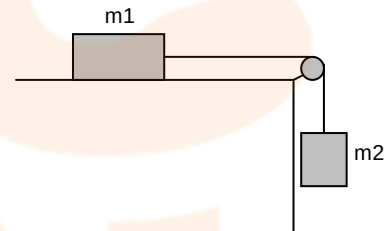
- Dibuixeu totes les forces que actuen sobre cadascun dels cossos.
- Calculeu l'acceleració dels cossos.
- Determineu el valor de la tensió de la corda que els uneix.

Resultat: 2,83 m/s²
38,66 N

18. (PAU juny 99) La massa m_1 del sistema de la figura val 40 kg, i la massa m_2 és variable. Els coeficients de fricció estàtic i cinètic entre m_1 i la taula són iguals i valen $\mu = 0,2$.

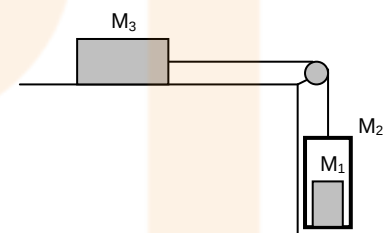
Si el sistema està inicialment en repòs,

- Amb quina acceleració es mourà el sistema si $m_2 = 10 \text{ kg}$?
- Quin és el valor màxim de m_2 per al qual el sistema romandrà en repòs?
- Si $m_2 = 6 \text{ kg}$, quina serà la força de fregament entre el cos i la taula? i la tensió de la corda?



Resultat: 0,4 m/s²
8 kg
60 N i 60 N

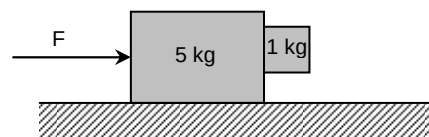
19. (PAU juny 01) Una massa $M_1 = 10 \text{ kg}$ és a l'interior d'una caixa de massa $M_2 = 30 \text{ kg}$. El conjunt està lligat a un cos de massa $M_3 = 100 \text{ kg}$ mitjançant una corda i una polita de masses negligibles, tal com es veu a la figura. Es deixa anar el sistema, que inicialment està en repòs, i observem que s'ha desplaçat 10 m durant els primers 4 s. Calcula:



- L'acceleració del sistema i el coeficient de fricció dinàmic μ entre M_3 i la superfície horitzontal.
- La tensió de la corda.
- La força normal que la superfície inferior (terra) de M_2 fa sobre M_1 .

Resultat: 1,25 m/s² $\mu = 0,225$
350 N
87,5 N

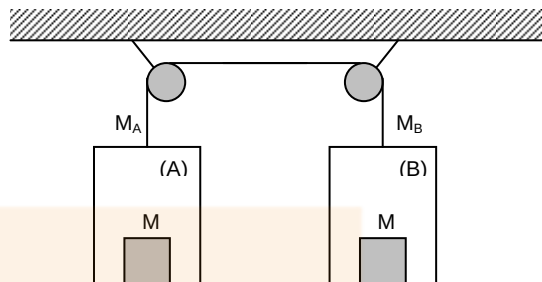
20. Entre els dos cossos (de 5 kg i d'1 kg) de la figura hi ha un coeficient de fricció de 0,4 i amb el terra un coeficient de 0,2.



- Calcula la força F amb la que hem d'empentar el conjunt per tal que la massa petita no caigui.

Resultat: 162 N

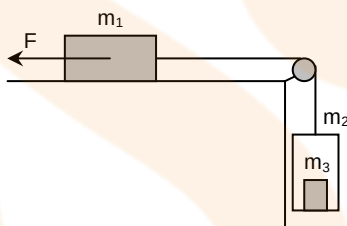
21. (PAU setembre 01) En el sistema de la figura la massa de la cabina (A) val $M_A = 200$ kg i la de la cabina (B) val $M_B = 300$ kg. Dins de cadascuna hi ha una massa $M = 50$ kg. Suposant negligibles les masses del cable i de les politges i els efectes del fregament, calcula:



- L'acceleració amb què es mou el sistema.
- La tensió del cable.
- La força de contacte entre cada una de les masses M de 50 kg i la cabina respectiva.

Resultat: $1,63 \text{ m/s}^2$
 2.858 N
 $571 \text{ N i } 409 \text{ N}$

22. (PAU setembre 03) El sistema de la figura, inicialment en repòs, es posa en moviment sota l'acció de la força F , de mòdul 1.370 N . A l'interior de la cabina, de massa $m_2 = 100$ kg, hi ha una maleta de massa $m_3 = 10$ kg. El coeficient de fregament entre la massa m_1 i el terra horitzontal és $\mu = 0,2$. La massa $m_1 = 30$ kg. Les masses de la politja i de la corda són negligibles. Calcula:



- L'acceleració del sistema i la tensió de la corda.

- La força de contacte entre la massa m_3 i el terra de la cabina.

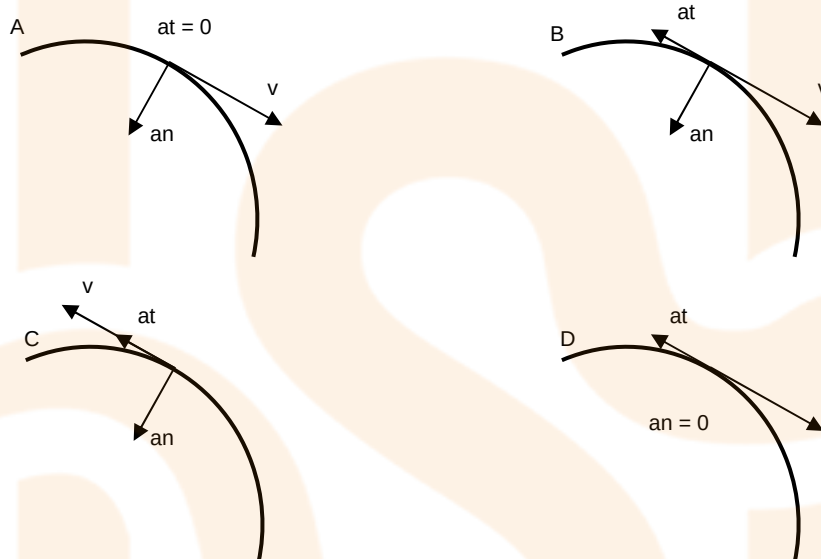
Considera $g = 10 \text{ m/s}^2$

Resultat: $1,5 \text{ m/s}^2$
 1.265 N
 115 N

4. Dinàmica del moviment circular

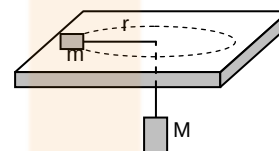
1. (PAU juny 04) Considera una partícula que descriu un moviment circular uniformement retardat, amb acceleració angular no nul·la. Quin dels diagrames següents li correspon?

Tria la resposta que consideris correcta i justifica la resposta.



Resultat: B

2. (PAU setembre 97) Una massa m col·locada sobre una taula sense fregament està unida a una massa M penjada mitjançant una corda que passa per un forat practicat a la taula. El cos de massa M està en repòs mentre que el cos de massa m descriu un moviment circular uniforme de radi r .



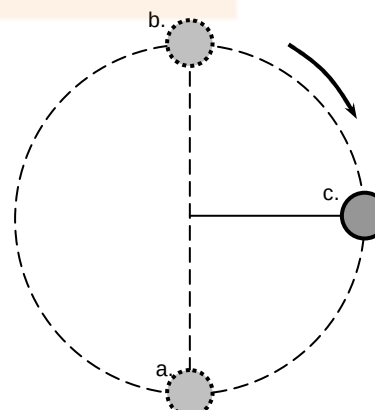
- Fes un esquema de les forces que actuen sobre cada cos i especifica les relacions que hi ha entre elles.
- Calcula la velocitat v amb què es mou el cos de massa m .
- Indica quines són les acceleracions tangencial i normal del cos de massa m .

Dades: $m = 1 \text{ kg}$, $M = 4 \text{ kg}$, $r = 0,1 \text{ m}$

Resultat: 2 m/s
 0 m/s^2 i 40 m/s^2

3. Un cos de 3 kg està lligat a l'extrem d'una corda de 2 m de llargada i gira en un pla vertical tal com pots observar en l'esquema del costat, tot fent 90 voltes en mig minut, sempre a la mateixa velocitat. Calcula la tensió que suporta la corda:

- En el punt més baix de la trajectòria.
- En el punt més alt de la trajectòria.
- En el punt mig de la trajectòria.



Resultat: 2.162 N
2.102 N
2.132 N

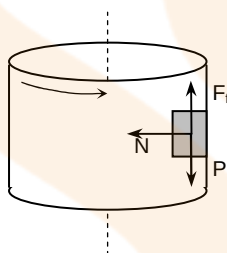
4. Un cos de massa m lligat a una corda de longitud l oscil·la com si fos un pèndol. A l'instant en què la corda forma un angle α amb la vertical, fes un diagrama de les forces que actuen sobre el cos i dibuixa la força resultant (recorda de dibuixar les forces proporcionades al seu valor).

5. (PAU juny 07) En un tram del recorregut, l'AVE Lleida-Tarragona du una velocitat constant en mòdul de 300 km/h. En aquest tram fa un revolt de 600 m de radi que està peraltat amb un angle de 20° . Damunt d'una taula del vagó restaurant hi ha un plat buit de massa 350 g. El plat es troba en repòs en el tren gràcies a la fricció amb la taula, que impedeix que el plat es desplaci cap enfora.

- Fes un diagrama de les forces que actuen sobre el plat.
- Determina el mòdul de la força de fricció que actua sobre el plat.
- Determina el mòdul de la força centrípeta que actua sobre el plat.

Resultat: 2,61 N
4,05 N

6. Una cabina cilíndrica gira respecte el seu eix amb una velocitat de 5 rad/s. En contacte amb la paret interior hi ha un cos que gira solidàriament amb la cabina. El coeficient de fregament entre la paret i el cos és 0,2. Quin és el radi de la cabina)



Resultat: 1,96 m

7. Un pilot acrobàtic segueix una trajectòria circular (looping) de 2.000 m de radi en un pla vertical amb una velocitat constant de 540 km/h. El pilot té una massa de 70 kg i porta una bàscula en el seient de pilotatge.

- Quant marcarà la bàscula en el punt més alt i en el punt més baix del looping?
- Quina velocitat hauria de portar l'avió perquè la bàscula marqués zero en el punt més alt?

Resultat: 87,5 N
1.487,5 N
141 m/s

8. (PAU juny 08) Una plataforma circular gira, en un pla horitzontal, respecte d'un eix vertical que passa pel seu centre, a una velocitat de $120/\pi$ rpm (revolucions per minut). Determineu el valor de la distància màxima respecte de l'eix a què pot situar-se una massa sobre la plataforma de manera que giri solidàriament amb aquesta, sense lliscar, sabent que el coeficient de fregament estàtic val 0,5.

Resultat: 0,31 m

9. (PAU reserva 04) Una partícula de massa 0,1 kg, lligada a l'extrem d'un fil, descriu un moviment circular en un pla vertical. Quan el fil es troba en posició horitzontal, la seva tensió és 10 N. Calcula per a aquesta posició:

- L'acceleració centrípeta de la partícula.
- L'acceleració tangencial de la partícula.

Resultat: 100 m/s^2
 10 m/s^2



10. Un cos de 500 g lligat a una corda de 0,5 metres de longitud dóna voltes amb velocitat constant en un pla horitzontal. El sistema forma un pèndol cònic d'angle constant de 60 graus amb la vertical. Calcula:

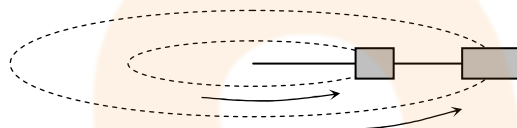
- La tensió de la corda.
- La velocitat lineal del cos.
- L'angle que formen el vector velocitat i el vector acceleració.

Resultat: 10 N
2,73 m
90 °

11. Un bloc de 2 kg de massa que està lligat a l'extrem d'un fil de 30 cm fa un moviment circular a 10 revolucions per minut sobre una taula horitzontal sense fregament. L'altre extrem del fil està fixat a la taula.

- Quant val la tensió del fil?

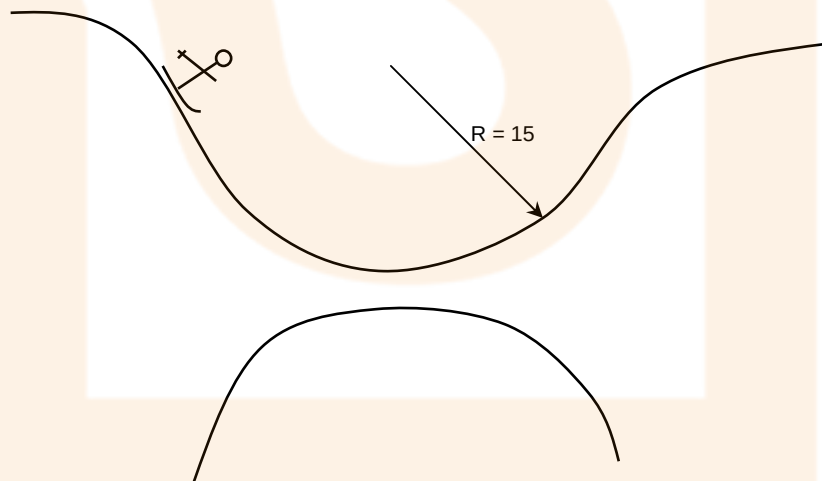
Mitjançant un fil de 15 cm lliguem a aquest bloc un segon bloc de 5 kg de massa i fem girar el conjunt a 20 revolucions per minut,



- Quant valdran les tensions dels fils?

Resultat: 0,65 N
9,86 N i 12,49 N

12. Un esquiador de 80 kg es deixa caure per un pendent que segueix una trajectòria circular (de 15 m de radi de curvatura) i a la part baixa hi ha un pont de neu que tapa una esquerra. Si aquest pont de neu pot aguantar com a màxim una força de 1.000 N,



- L'esquiador haurà de passar molt ràpid o molt a poc a poc per evitar que la neu s'enfonsi i que caigui dins l'esquerda? Raona-ho.
- Quina serà la velocitat límit amb què pot passar abans no es trenqui?

Resultat: Lent
6,35 m/s

13. (PAU setembre 04) Un avió vola a una velocitat de mòdul 400 m/s, constant, i descriu un cercle en un pla horitzontal. Els límits de seguretat li permeten experimentar com a màxim una acceleració que és vuit vegades la de la gravetat. En aquestes condicions extremes, calcula:

- a. El radi de la trajectòria circular.
- b. El temps que l'avió triga a fer una volta.
- c. L'angle d'inclinació de les ales de l'avió respecte de l'horitzontal perquè la força de sustentació (perpendicular al pla definit per les ales) li permeti fer aquest gir.

Resultat: 2.039 m
32 s
93°

14. (PAU setembre 05) Un cotxe de massa 1.250 kg descriu un revolt circular, no peraltat, de 300 m de radi. La trajectòria és mitja circumferència. El cotxe augmenta de velocitat de manera uniforme mentre descriu el revolt, i passa d'anar a 40 km/h a l'inici a anar a 80 km/h al final. Calcula:

- a. L'acceleració tangencial i l'acceleració centrípeta que té el cotxe quan circula a 20 m/s pel revolt.
- b. El valor de la força de fricció estàtica entre les rodes i l'asfalt quan el cotxe circula a 20 m/s.
- c. El valor del coeficient de fricció estàtica entre les rodes i l'asfalt si el cotxe pot circular pel revolt a una velocitat màxima de 30 m/s sense derrapar.

Resultat: 0,2 m/s² i 1,3 m/s²
1,7 · 10³ N
0,31

15. (PAU juny 00) És possible que un cos sobre el qual actua una única força de mòdul constant que forma un angle $\alpha \neq 0$ amb la seva velocitat segueixi una trajectòria rectilínia? Raona la resposta.

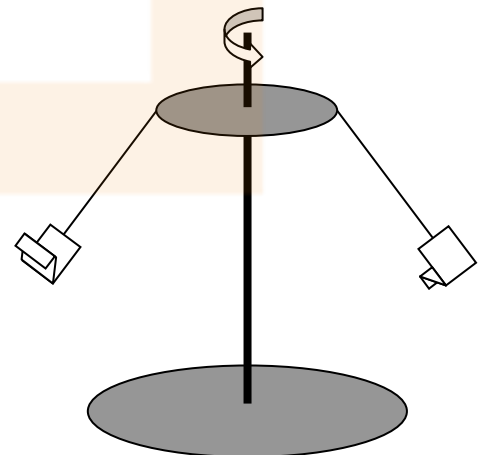
16. (PAU juny 09) Fem oscil·lar un objecte lligat a una corda de 40 cm de longitud, com si fos un pèndol, de manera que quan l'objecte es troba en el punt més alt de la trajectòria la corda forma un angle de 37° amb la vertical.

- a. L'objecte passarà pel punt més baix del recorregut a una velocitat de a) 2,50 m/s. b) 2,80 m/s. c) 1,26 m/s.
- b. La tensió de la corda a) és màxima en el punt més alt del recorregut. b) és màxima en el punt més baix del recorregut. c) fa un treball positiu sobre l'objecte quan passa del punt més alt al més baix de la trajectòria.

Resultat: a.c
b.b

17. (PAU juny 04) El muntatge d'una atracció de fira consisteix en una anella horitzontal de 3 m de radi, de la qual pengen cordes de 4 m de longitud i massa negligible. A l'extrem de cada corda hi ha una cadireta de 2 kg de massa. L'anella gira a velocitat angular constant, al voltant d'un eix vertical que passa pel seu centre.

- a. Calcula la velocitat angular de l'anella quan la corda d'una cadireta buida forma un angle de 37° amb la vertical.
- b. En les condicions anteriors, Calcula la tensió de la corda.
- c. Si la tensió màxima que poden suportar les cordes sense trencar-se és de 796 N i l'atracció gira a la velocitat adequada perquè la corda continuï formant un angle de 37° amb la vertical, quin és el pes màxim que pot tenir un usuari de l'atracció sense que es trenqui la corda? A quina massa (en kg) correspon aquest pes màxim?



Considera $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



Resultat: 1,17 rad/s
24,6 N
616,4 N
62,8 kg

18. (PAU reserva 04) Un oscil·lador harmònic està format per una molla ideal de massa negligible i una partícula puntual unida a l'extrem de la molla, de massa $m = 40$ g. El període d'oscil·lació és de 2 s.

- Si l'amplitud de les oscil·lacions és de 10 cm, quina velocitat màxima adquireix la massa m ?
- Representa en un gràfic l'acceleració de l'oscil·lador en funció del temps, i indica en els eixos les escales corresponents.
- Quant hauria de valer la massa m perquè la freqüència de l'oscil·lador es multipliqués per dos?

Resultat: 31,4 cm/s
10 g

19. (PAU juny 05) Disposem de dues molles idèntiques, fixades al sostre. Pengem una massa A a la primera molla i una massa B a la segona, i les deixem oscil·lar amb un moviment harmònic simple.

- Si $m_A = 2 m_B$, determina la relació entre els períodes d'oscil·lació.
- Explica com afecta l'amplitud de l'oscil·lació al valor del període.

Resultat: $T_A = \sqrt{2} T_B$

20. (PAU setembre 09) El tambor d'una assecadora de roba és un cilindre horitzontal d'acer inoxidable de radi 20 cm. En posar l'assecadora en funcionament, la velocitat del tambor augmenta regularment de 0 a 900 rpm en 10 s.

- Escriu les equacions de les magnituds angulars $\omega(t)$ i $\alpha(t)$ en els primers 10 s del moviment.
- Determineu l'acceleració tangencial i l'acceleració centrípeta d'un punt del tambor al cap de 5 s de l'inici del moviment.
- Calculeu la força màxima que exerceix el tambor sobre un jersei mullat, de 0,5 kg de massa, quan gira a 900 rpm. Supposeu que, quan el tambor de l'assecadora gira, el jersei està sempre en contacte amb la paret del cilindre. Expresseu tots els resultats en unitats del sistema internacional (SI).

Resultat: $\omega(t) = 9,425 \text{ rad/s}^2 \cdot t$ i $\alpha(t) = 9,425 \text{ rad/s}^2$
1,885 m/s² i 444 m/s²
893,2 N

21. (PAU setembre 05) La posició d'una partícula puntual de massa 500 g que descriu un moviment vibratori harmònic ve donada, en unitats del SI, per $x = 0,30 \sin(20 \pi t)$. Calcula:

- L'energia cinètica màxima de la partícula.
- La força màxima que actua sobre ella.

Resultat: 88,8 J
592,2 N

5. T, P i E. Questions

1. (OIF febrer 01) Un cos cau a través de l'atmosfera (es considera la força de fricció amb l'aire) guanyant 20 J d'energia cinètica. Quanta energia potencial gravitatòria ha perdut?
 - a. Menys de 20 J.
 - b. 20 J.
 - c. Més de 20 J.
 - d. Impossible de saber-ho si desconexem la massa del cos.

Resultat: c.

2. (OIF febrer 01) Un cos de massa M llisca sobre una superfície horitzontal una distància d i amb un coeficient de fricció μ . Quant treball ha realitzat la gravetat?
 - a. $-\mu Mgd$
 - b. $-Mgd$
 - c. zero
 - d. Mgd

Resultat: c.

3. (OIF febrer 01) Una força és de la forma $F = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$ (components en Newtons) i actua sobre una massa inicialment en repòs desplaçant-la des del punt $A(0,0)$ al $B(4,3)$ (coordenades en metres).
 - a. És l'única força que actua sobre la partícula.
 - b. El treball realitzat per aquesta força és necessàriament igual a l'increment d'energia cinètica.
 - c. El treball realitzat entre A i B és de 24 J.
 - d. El treball realitzat entre A i B és de 25 J.

Resultat: c.

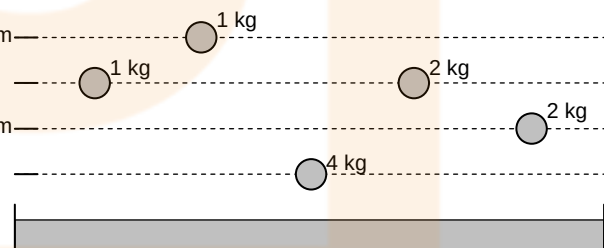
4. Cinc boles de metall d'igual grandària però de diferents masses es deixen caure sobre un recipient que conté sorra humida. Les alçades des d'on cauen estan indicades en el dibuix. Raona les teves respostes

40 cm —————

—————

20 cm —————

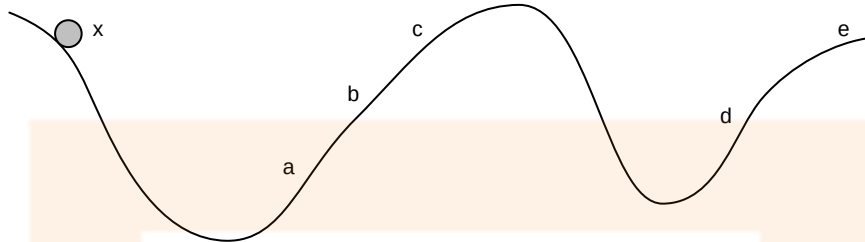
—————



 - a. Quina farà el forat més gran?
 - b. I quina deixarà menys marca en la sorra?

5. Tenim un cotxe de joguina. Li donem corda i el posem a terra. El cotxe es desplaça fins que s'atura. Quan el cotxe té més energia? Dóna raons que expliquin la teva resposta.
 - a. Abans de donar-li corda.
 - b. En acabar de donar-li corda.
 - c. Quan s'està movent.
 - d. Quan s'ha aturat.
 - e. Sempre té la mateixa energia?

6. En una experiència de laboratori un alumne deixa caure una bola des del punt x sobre un carril metàl·lic.

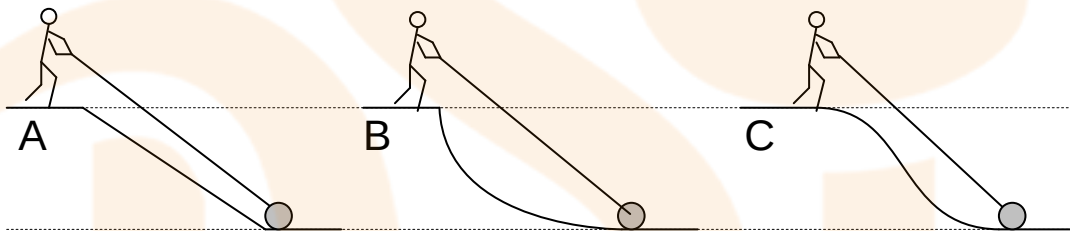


Assenyala quin serà el punt més llunyà al que arribarà la bola.

7. Suposa que estàs en un planeta on no hi ha atmosfera de cap mena i en el que existeixen uns materials que permeten el desplaçament sense fricció.

- Serà necessari emprar energia per poder posar en moviment, fins a una velocitat de 70 km/h, un tren de 10.000 kg de massa?*
- Serà necessària energia perquè el tren mantingui aquesta velocitat?*

8. El dibuix de sota ens mostra un home pujant un cilindre pesat des de terra fins a una alçada de 2 metres. Ho fa utilitzant tres rampes diferents. Assenyala, raonant el perquè, la resposta que et sembla correcta.



- L'energia que gasta per pujar el cilindre per la rampa A és la menor.*
- Gasta menys energia si puja el cilindre per la rampa B.*
- La mínima despesa d'energia l'aconsegueix utilitzant la tercera rampa.*
- L'energia utilitzada és independent de la rampa que faci servir.*

9. Podries explicar quin avantatge té utilitzar una rampa per pujar un objecte (si és que en té alguna)?

10. Si hem d'estirar una vagoneta per una via, en quin cas et sembla que ens serà més fàcil moure-la: fent una força en la direcció de la via o fent-la amb un angle de 30 graus amb aquesta? Per què?

11. Imaginem una noia que agafa una maleta de terra i es posa a caminar. Troba un amic i es posen a xerrar una estona. Al cap d'uns minuts deixa la maleta en el terra per no cansar-se. En quins moments creus que s'ha realitzat treball?

12. Pot ser que dos objectes de la mateixa massa tinguin diferent energia cinètica?

13. És possible que dos cossos que tinguin igual velocitat tinguin energia mecànica diferent?

14. Una persona que fa tota la força que pot sobre una paret, està fent un treball? Raona-ho.

15. (PAU setembre 98) Un nen de 30 kg es deixa caure per un tobogan de 2 m d'altura i arriba a terra amb una velocitat de 4 m/s. Quin treball han fet les forces de fregament?

Resultat: - 360 J

16. (PAU setembre 98) Un paracaigudista baixa a velocitat constant. Per tant, la seva energia cinètica es manté constant i la seva energia potencial disminueix. Significa, això, que no es conserva l'energia? Representa en un diagrama les forces que actuen sobre el paracaigudista i indica quina relació hi ha entre les forces.

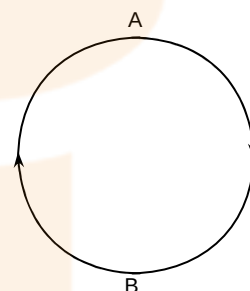
17. (PAU juny 08) Llancem cap amunt, amb una certa velocitat inicial, un cos de massa 1 kg per un pendent de 37° de manera que recorre 10 m fins a aturar-se i posteriorment torna al punt de partida. El coeficient de fricció entre el cos i el pla inclinat val 0,1.

- a. El treball que fa el pes sobre la massa a) és positiu a la pujada, b) val $-59,0 \text{ J}$ a la baixada o c) des que surt fins que torna al punt de partida (pujada i baixada) és nul.
- b. El treball que fa la força de fricció sobre la massa a) val $-9,80 \text{ J}$ a la pujada, b) val $-7,83 \text{ J}$ a la baixada o c) des que surt fins que torna al punt de partida (pujada i baixada) és nul.

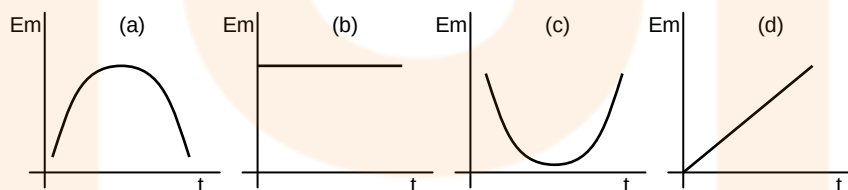
Resultat: a.c, b.b

18. (PAU juny 00) Un avió de massa M fa un ris (loop) de manera que segueix una trajectòria circular i vertical de radi R . Quin treball fa la força pes quan l'avió va del punt més alt A al punt més baix B de la trajectòria? Quin treball fa aquesta força en fer una volta completa de A a A?

Resultat: $2MgR$



19. (PAU juny 01) Quina de les gràfiques següents representa millor la variació de l'energia mecànica d'un oscil·lador harmònic



simple en funció del temps? Raona la resposta.

Resultat: (b)

20. (OIF febrer 01) Una massa de 500 g unida a un fil lleuger i inextensible, gira descrivint una circumferència vertical de radi 0,50 m. La velocitat de la massa és de 6 m/s quan el fil està en posició horitzontal. La tensió del fil en la posició més baixa val (els càlculs s'han fet amb $g = 10 \text{ m/s}^2$):

- a. $5,0 \text{ N}$
b. 41 N
c. 46 N
d. 51 N

Resultat: d

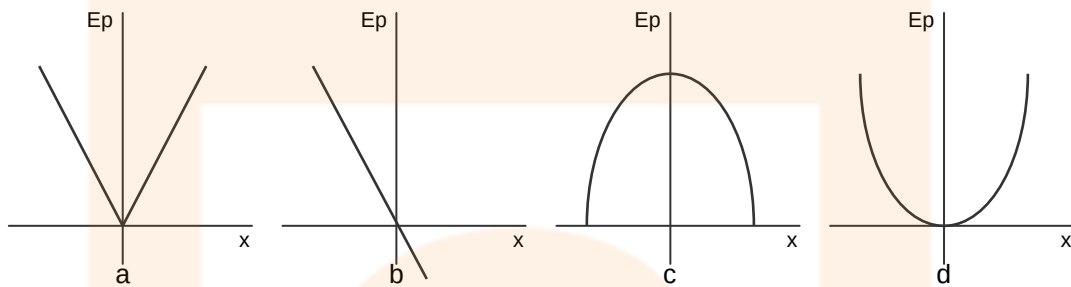
21. (PAU setembre 03) Un cos de massa m lligat a l'extrem d'una corda de longitud L descriu una trajectòria circular de radi L en un pla vertical. Quant val el treball realitzat



per la tensió de la corda quan el cos va del punt més alt al punt més baix de la trajectòria? Quant val el treball realitzat pel pes del cos entre aquests mateixos punts?

Resultat: $2mgL$

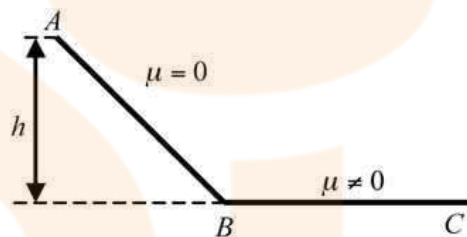
22. (PAU setembre 03) Quin dels gràfics següents pot representar l'energia potencial d'un objecte lligat a una molla en funció del seu desplaçament de la posició d'equilibri? Raona la resposta.



Resultat: d

23. (PAU setembre 09) El punt més alt d'una pista d'esquí (que podem aproximar a un pla inclinat sense fregament, tram AB), es troba a una altura h respecte del final. Fora de la pista, tram BC, no queda neu i per tant hi ha fregament (coeficient de fregament, μ , no nul). Si un esquiador surt del començament de la pista (punt A) a una velocitat nul·la:

- a. Quina serà la seva velocitat al final de la pista (punt B)?
 a) $\sqrt{2gh}$
 b) $\sqrt{gh/2}$
 c) Depèn de la massa de l'esquiador.
- b. Quina distància horitzontal (BC) recorrerà l'esquiador abans d'aturar-se?
 a) $h\sqrt{\mu}$
 b) $h\mu$
 c) h/μ



Resultat: a.a
b.c

6. T, P i E. Problemes

1. Una vagoneta de 200 kg es troba sobre una via horitzontal i recta. Calcula el treball realitzat en els següents casos:
- Empentem amb una força de 100 N sense que la vagoneta es mogui.
 - L'empentem fent 200 N de força en la direcció de la via i la vagoneta es mou 10 metres.
 - Estirem pel costat de la via, formant un angle de 30 graus amb la direcció de la via, fent una força de 200 N i la vagoneta recorre 20 metres.

Resultat: 0 J
2.000 J
3.440 J

2. Volem pujar un ascensor de 700 kg fins a 20 metres d'altura.
- Calcula el treball necessari per fer-ho.
 - Quina serà la potència del motor si sabem que tarda 28 segons en fer el recorregut?

Resultat: 140.000 J
5.000 W

3. Una bomba hidràulica puja un metre cúbic d'aigua a 12 m d'alçada.

- Quin serà el treball que haurà realitzat?
- Quina serà la potència de la bomba si puja 200 litres per minut?

Resultat: 120.000 J
400 W

4. Una grua aixeca un objecte de 200 kg a una altura de 30 metres en 12 segons. Calcula:

- El treball que realitza sobre el cos.
- La potència efectiva desenvolupada.
- El rendiment del motor, sabent que aquest té una potència de 10 CV.

Resultat: $6 \cdot 10^4$ J
5 kW
68%

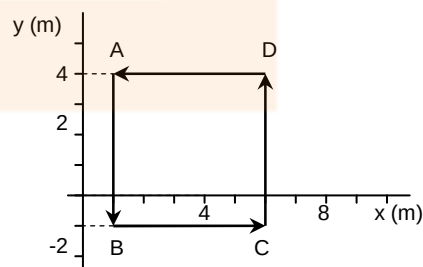
5. Dintre d'un camp de forces constants de valor $F = (0, -10)$ N desplacem una partícula seguint la trajectòria ABCD.

- Quin és el treball realitzat per la força al llarg de tota la trajectòria?

Resultat: 0 J

6. (PAU juny 97) Un camió de 60 tones porta una velocitat de 72 km/h quan comença a frenar. Si s'atura 10 segons després, quina ha estat la potència mitjana de la frenada? (1 tona = 10^3 kg)

Resultat: 1.200.000 W



7. Un vaixell de vela es mou gràcies al vent que fa sobre les veles una força de 580 N. La força forma un angle de 30 graus amb la direcció del moviment.

- Calcula el treball realitzat quan el vaixell ha recorregut 2 km.

Resultat: 1.004.589 J



8. Un tren de 20.000 kg triga 45 minuts en pujar un port de muntanya de 600 metres de desnivell.

- Quina és la potència de la màquina?
- Quina força ha de fer la màquina si puja per un pendent de 10 graus?

Resultat: 44.444 W
34.729 N

9. Un objecte de 50 kg està situat a una alçada de 30 metres respecte del terra.

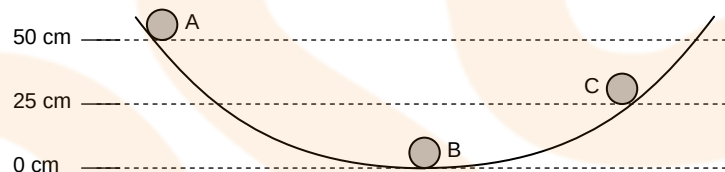
- Quant val la seva energia potencial?
- Si el cos cau, quina energia cinètica tindrà quan arribi a terra?
- Quina serà la seva velocitat en aquest instant?

Resultat: 15.000 J
15.000 J
24,49 m/s

10. (PAU setembre 99) Un cotxe de 800 kg arrenca del repòs i assoleix una velocitat de 100 km/h en 8 segons. Suposant negligible el fregament, determina el treball i la potència mitjana desenvolupats pel motor.

Resultat: 308.642 J
38.580 W

11. Amb l'esquema de la figura i considerant que no hi ha fricció,



- Calcula la velocitat en els punts B i C.
- A quina alçada màxima arribarà la bola per la paret de la dreta?

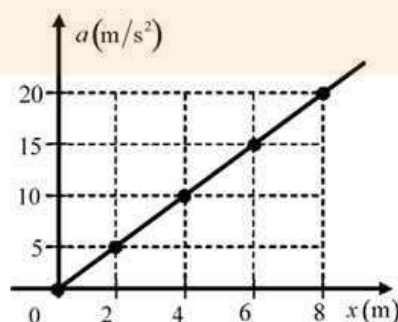
Resultat: 3,16 m/s
2,23 m/s

12. Una pedra de 2 kg de massa lligada a l'extrem d'una corda de 0,5 metres de longitud gira a 2 revolucions per segon.

- Quina és la seva energia cinètica?
- Quant val la força centrípeta que actua sobre ella?
- Quin treball realitzarà la força centrípeta en una volta?

Resultat: 39,5 J
158 N
0 J

13. (PAU juny 08) En la gràfica següent es mostra com varia l'acceleració d'un cos de massa 10 kg que es mou en línia recta. Quin treball s'ha efectuat sobre el cos per a moure'l des de $x = 0$ fins a $x = 8$ m?



Resultat: 800 J

14. Es dispara un cos verticalment i cap amunt amb una velocitat de 1.200 m/min. La massa del cos és de 50 grams.

- Quina és la màxima alçada a la què arriba?
- Quina energia cinètica té quan està a 5 metres de terra?
- Quant temps transcorre des del moment que es dispara fins que arriba a terra?

Resultat: 20 m
7,5 J
4 s

15. Un objecte de 5 kg es deixa caure des de 20 m d'alçada.

- Amb quina velocitat arribarà a terra?
- A quina alçada estarà quan vagi a 10 m/s?

Resultat: 20 m/s
15 m

16. Un objecte cau des d'un terrat. Quan li falten 16,25 metres per arribar a terra va a una velocitat de 30 m/s.

- Amb quina velocitat xocarà amb el terra?
- Des de quina alçada s'ha deixat anar?

Resultat: 35 m/s
61,25 m

17. Troba la velocitat amb què arriba a terra la massa de 15 kg de l'esquema de la dreta.

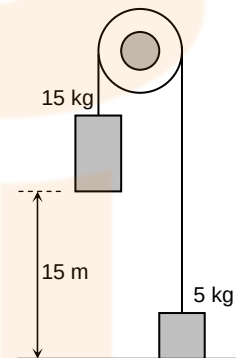
Resultat: 12,24 m/s

18. Calcula la velocitat d'un pèndol d'1 metre de longitud quan passa per la vertical si el deixem anar des d'una desviació de 37° .

Resultat: 2 m/s

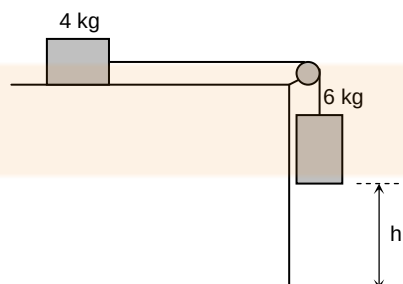
19. Una massa de 150 grams cau a terra des d'una altura d'1 metre i després del xoc torna a pujar fins a una altura de 80 cm.

- Quanta energia s'ha perdut en el xoc?
- Indica el percentatge d'aquesta pèrdua.



Resultat: 0,3 J
20%

20. Troba l'alçada h del dibuix de sota sabent que la velocitat de la massa de 6 kg en el moment d'arribar a terra és de 12 m/s.



Resultat: 12 m

21. Un projectil de 40 kg es mou amb una velocitat de 200 m/s.

- Quina és la seva energia cinètica?



Aquest projectil xoca amb una paret i s'hi enfonsa 20 cm, de manera que es transforma tota la seva energia cinètica en treball de penetració.

b. Pots calcular la força de resistència de la paret?

Resultat: 800.000 J
4.000.000 N

22. Calcula amb quina velocitat surt una bala de 15 g de massa després d'haver travessat un tauló de 7 cm de gruix que li oposa una resistència de 1.800 N. La velocitat inicial de la bala era de 450 m/s.

Resultat: 430,92 m/s

23. Un camió de 10 tones circula a 90 km/h. Frena i s'atura després de recórrer 62,5 metres.

- a. Quina és l'energia cinètica inicial del camió?
b. Quant temps tarda en aturar-se?
c. Quina és l'acceleració amb què frena?

Resultat: 3.125.000 J
5 s
- 5 m/s²

24. Una força de 580 N actua verticalment i cap amunt sobre un cos de 10 kg durant 5 segons.

- a. Quina serà la velocitat que tindrà després d'aquests 5 segons?
b. I l'energia cinètica?
c. En aquest instant quina és la seva energia potencial?

Resultat: 240 m/s
288.000 J
60.000 J

25. Un cos de 5 kg de massa es llença per un pla inclinat 30° amb una velocitat de 15 m/s cap amunt. Calcula quina distància recorre fins aturar-se,

- a. En cas que no hi hagi friccions.
b. En cas que el coeficient de fricció entre el pla i l'objecte sigui 0,1.

Resultat: 22,5 m
19,18 m

26. Un bloc de 5 kg és llançat cap amunt d'un pla inclinat 30° amb una velocitat de 9,8 m/s. Observem que recorre una distància de 6 metres abans d'aturar-se i tornar a la posició inicial. Calcula:

- a. La força de fricció que actua sobre el bloc.
b. La velocitat amb què arriba al punt de partida.

Resultat: 15,52 N
4,64 m/s

27. (PAU juny 08) Un bloc de massa 20 kg cau lliscant per un pla inclinat, salvant un desnivell de 25 m. Si parteix del repòs i assoleix una velocitat final de 15 m/s, determineu l'energia perduda per fricció.

Resultat: -2.650 J

28. (PAU setembre 02) Un cos de 2 kg, inicialment en repòs, baixa per un pla inclinat 42° respecte de l'horitzontal. Després de recórrer una distància de 3 m sobre el pla inclinat, arriba a un terra horitzontal i, finalment, puja per un altre pla inclinat 30° respecte de l'horitzontal (observa el dibuix). Suposant que els efectes del fregament són negligibles, calcula:

- a. El temps que triga a arribar al peu del primer pla inclinat i la velocitat del cos en aquest moment.
b. La màxima longitud recorreguda pel cos en la pujada pel pla inclinat de la dreta.

Si el coeficient de fregament entre el cos i el primer pla inclinat fos $\mu = 0,4$,

- c. quanta energia s'alliberaria en forma de calor des de l'instant inicial fins a arribar al peu del primer pla inclinat?



Resultat: 0,96 s i 6,3 m/s
4,01 m
17,5 J

29. Una molla necessita 160 N per comprimir-se 1 cm.

- a. Calcula l'energia potencial elàstica que té quan està comprimida 6 cm.

Resultat: 28,8 J

30. Una molla té una constant de deformació $k = 0,69 \text{ N/mm}$. Es manté comprimida 2 cm contra el terra i es deixa anar de cop de manera que surt impulsada cap amunt. La seva massa és de 0,5 grams.

- a. Calcula l'alçada a la que arribarà.
b. Amb quina velocitat surt disparada del terra?

Resultat: 27,6 m
23,49 m/s

31. Sobre una superfície horitzontal disposem d'una molla de constant elàstica 3 N/m. Des d'un punt situat a 3 metres de la molla, li llancem un cos d'1 kg de massa amb una velocitat de 4 m/s.

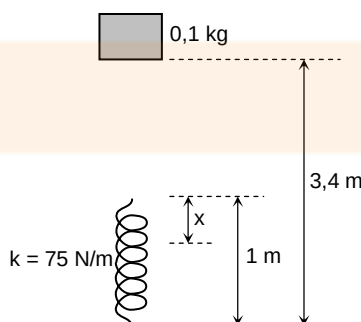
- a. Calcula la màxima compressió de la molla si el coeficient de fricció entre el cos i el terra és 0,1.

Resultat: 1,52 m

32. (PAU juny 01) L'amplitud en un moviment harmònic simple originat per una molla de constant recuperadora $k = 500 \text{ N/m}$ és de 40 cm. Quina serà l'energia total del mòbil? Quant val la seva energia cinètica a l'instant en què l'elongació és de 30 cm?

Resultat: 40 J i 17,5 J

33. Es deixa caure des de 3,4 metres d'alçada un objecte de 100 grams de massa sobre una molla vertical d'un metre de llargada i 75 N/m de constant de deformació, tal com es veu en la figura.



Nota: Has de tenir en compte l'energia potencial de l'objecte quan la molla l'ha aturat.

- a. Calcula la màxima compressió x de la molla.

Resultat: 0,26 m



34. (PAU setembre 06) Tenim una molla col·locada verticalment amb un extrem fix a terra. Deixem caure una massa de 2,50 kg des d'una altura d'1 m respecte a l'extrem lliure de la molla, i la molla experimenta una compressió màxima de 15 cm. El fregament amb l'aire és negligible.

- L'energia cinètica amb què la massa impacta contra l'extrem lliure de la molla val: a) 24,5 J. b) 245 J. c) 245 N.
- La constant elàstica de la molla val: a) 2,50 N. b) $2,50 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. c) $2,50 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Resultat: a.a), b.b)

35. Una corda d'escalada fa 40 metres de llarg i quan li aplico una força de 400 N s'allarga 0,8 m. Un escalador de 60 kg està acabant de fer el llarg de la corda i està assegurat per un mosquetó que està 5 metres per sota seu. En aquest moment cau.

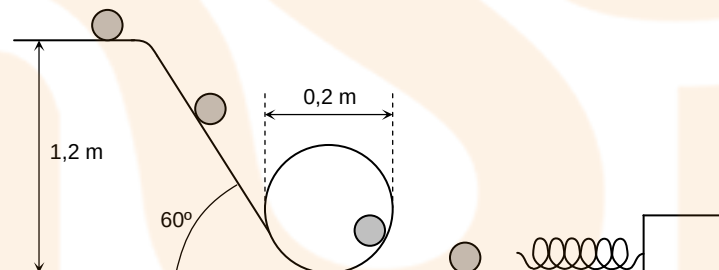
- Pots calcular la velocitat màxima de l'escalador en la caiguda?
- Quan s'allargarà la corda?
- Quin serà doncs el punt més baix on arribarà l'escalador abans d'aturar-se?

Resultat: 14,1 m/s
6,2 m

36. (PAU setembre 99) Una bola de 500 g que es deixa caure des d'una altura de 3 m sobre una superfície de sorra penetra 15 cm en la sorra abans d'aturar-se. Determina la força, suposada constant, de la sorra sobre la bola.

Resultat: 102,9 N

37. Una pilota, de 400 grams de massa, circula per una pista de la forma i dimensions indicades en la figura.



- Calcula l'energia potencial de la pilota quan està aturada en la part superior.
- Quina és l'acceleració amb què baixa pel pendent?
- Quina velocitat tindrà quan estigui en la part superior del looping (la circumferència)?
- Quina hauria de ser la constant de la molla que esmorteixi el xoc final si volem que es comprimeixi 5 cm.
- Quina serà la seva velocitat un instant abans de xocar amb la molla?
- Quina és la velocitat de la pilota quan la molla està comprimida 2 cm?

Resultat: 4,8 J
8,6 m/s²
4,47 m/s
3.840 N/m
4,89 m/s
4,49 m/s

38. Tirem una pilota de 2 kg amb una velocitat inicial de 10 m/s. Puja per la rampa de la figura i al final l'atura la molla.



- a. Quina és la velocitat quan està a un metre d'alçada?
- b. I quina tindrà quan ja estigui en el pla de dalt?
- c. Quina serà la màxima compressió de la molla si la seva constant és de 100 N/m?
- d. Quina és la màxima força que ha de fer la molla?

Resultat: 8,94 m/s
7,74 m/s
1,09 m
109 N

39. Llancem verticalment una pilota cap amunt amb una velocitat v_0 . Si l'aire exerceix una força constant F_a sobre la pilota, demostra:

- a. Que l'altura assolida per la pilota és:

$$h = \frac{v^2}{2\left(g + \frac{F_a}{m}\right)}$$

- b. Que la velocitat amb què torna al punt de partida és:

$$v = v_0 \sqrt{\frac{mg - F_a}{mg + F_a}}$$

40. Estic dissenyant unes muntanyes russes i vull fer una volta vertical completa de 10 metres de radi. La vagoneta té una massa de 80 kg.

- a. Des de quina alçada mínima hauré de deixar-la anar perquè passi el "looping" sense cap problema?
- b. Quina serà la força que farà aquest cas el carril circular en el punt més baix?

Resultat: 25 m
4.800 N

41. Un pèndol està constituït per una bola de 5 kg enganxada a una vareta de massa despreciable de mig metre de llargada. Deixem caure lliurement la bola des del punt de màxima alçada.

- a. Quina serà la tensió de la barra quan la bola ha recorregut un quart de volta?
- b. Calcula també la tensió quan la bola passa pel punt més baix de la trajectòria circular.

Resultat: 100 N
250 N

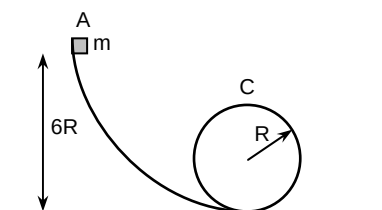
42. Deixem anar un pèndol de llargada l i massa m des de la posició horitzontal.

- a. Quina serà la tensió del fil quan el pèndol passi pel punt més baix de la seva trajectòria?

Resultat: 3mg

43. Des del punt A deixem anar un objecte de massa m . Calcula:

- a. La velocitat de la massa en el punt C.
- b. La força que fa la via sobre l'objecte en aquest punt.



Resultat: $(8gR)^{1/2}$
7mg

44. (PAU juny 98) Un cos de 5 kg de massa està inicialment en repòs sobre una superfície horitzontal. El coeficient de fricció dinàmic entre el cos i la superfície és $\mu = 0,3$. S'aplica al cos una força constant horitzontal $F = 40$ N que deixa d'actuar quan el cos ha recorregut 6 m. Calcula:

- La velocitat del cos en l'instant en què F deixa d'actuar.
- La distància recorreguda pel cos des de l'instant en què F deixa d'actuar fins que el cos es para.
- El treball total fet per la força de fricció i per la força F . Comenteu el resultat en relació amb el principi de conservació de l'energia.

Resultat: 7,74 m/s
10 m
240 J

45. (PAU juny 02) Una pilota de 5 kg de massa es llença des del terra verticalment cap amunt amb una velocitat inicial de 10 m/s. Si el vent comunica a la pilota una velocitat horitzontal constant de 15 km/h, trobeu:

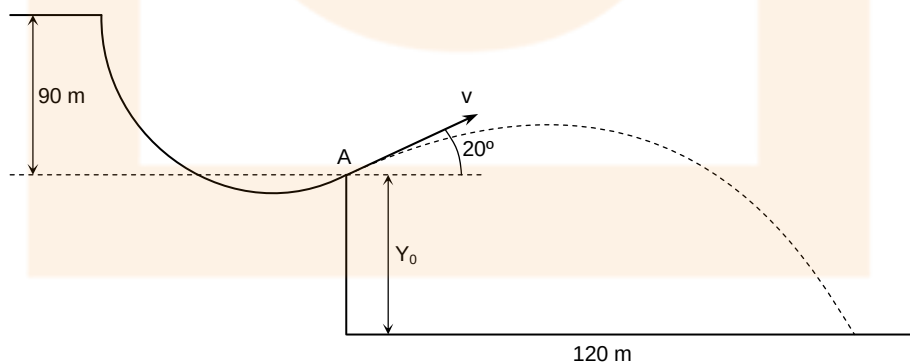
- a) L'alçada màxima a la qual arribarà la pilota i el temps que trigarà a assolir-la.
- b) La distància entre el punt de llançament i el punt d'impacte amb el terra.
- c) L'energia cinètica de la pilota en el moment d'impactar amb el terra.

Resultat: 5 m i 1 s
8,33 m
293 J

46. (PAU juny 98) Un cos puja per un pla inclinat amb fregament per l'acció d'una força externa. Raona si és positiu, negatiu o nul el treball fet per les forces següents:

- El pes.
- La normal.
- El fregament.

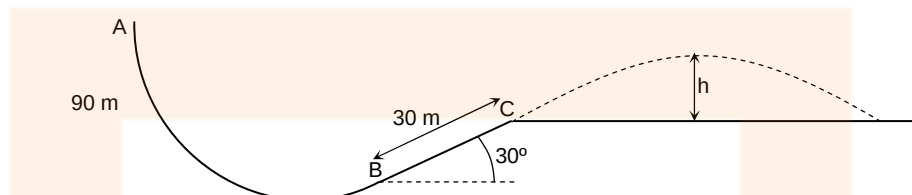
47. (PAU juny 99) Un esquiador de 70 kg de massa llisca per un trampolí de 200 m de longitud. Durant aquest trajecte, l'esquiador perd 90 m d'altura i sobre ell actua una força de fregament amb la neu que suposem constant i de valor 100 N. La velocitat de l'esquiador just quan perd el contacte amb el trampolí i comença el vol forma un angle de 20° respecte l'horitzontal. L'esquiador aconsegueix fer un salt de 120 m de longitud. Suposa negligible el fregament entre l'esquiador i l'aire. Calcula:



- L'energia que perd per fregament l'esquiador en el recorregut pel trampolí.
- El mòdul i les components del vector velocitat.
- El desnivell Y_0 que hi ha entre el punt A, on l'esquiador ha començat el vol, i la pista a què arriba.

Resultat: 20.000 J
35 m/s (33 m/s i 12 m/s)
22,3 m

48. (PAU setembre 99) Un esquiador de 80 kg que surt des de A arriba a B amb una velocitat de 30 m/s, i quan passa per C la seva velocitat és de 23 m/s. La distància entre B i C és de 30 m.



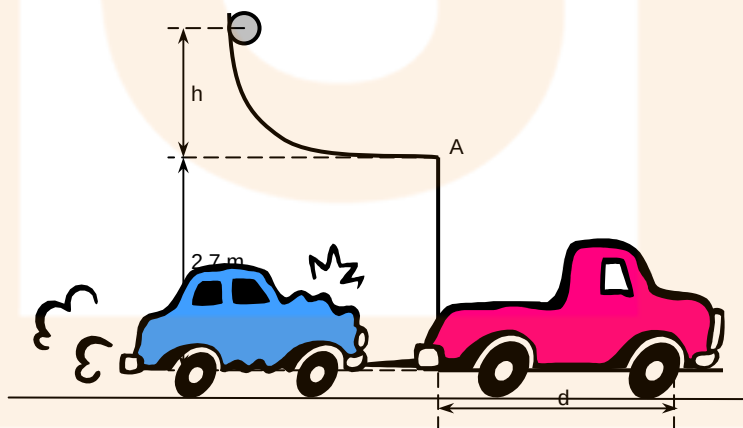
- Quant han variat les energies cinètica i potencial de l'esquiador en anar des de B fins a C?
- Quanta energia s'ha perdut per fregament en el tram recte BC? Quant val la força de fregament, suposada constant, en aquest tram?
- Si la pista s'acaba a C i l'esquiador fa un salt parabòlic, quina és la màxima alçada h que assolirà, mesurada sobre el nivell de C (observa el dibuix)? Suposa negligibles els efectes del fregament amb l'aire.

Resultat: -14.840 J i +12.000 J
- 2.840 J i 94,6 N
6,61 m

49. (PAU juny 01) Un objecte puntual baixa sense fricció per la rampa representada a la figura. En arribar al punt A té una velocitat horitzontal $v = 5$ m/s i després vola fins a terra.

- Quant val h ?
- A quina distància d de la paret vertical arriba l'objecte?
- Determina el mòdul de la velocitat de l'objecte quan és a 1 m de terra. Quin angle forma aquesta velocitat amb la vertical?

Resultat: 1,25 m
3,67 m
7,66 m/s 40,76°



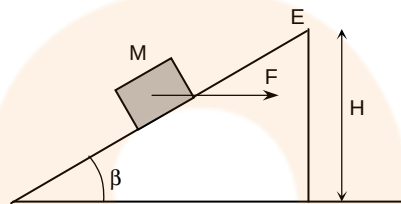
50. (PAU juny 02) Un cotxe de 2.000 kg de massa que arrossega un remolc de 150 kg mitjançant un cable de massa negligible es troba inicialment en repòs. El cotxe arrenca amb una acceleració que es manté constant durant els primers 10 segons i la tensió del cable durant aquest temps val 500 N. Suposant que la fricció dels pneumàtics del cotxe i del remolc amb el terra equival a una força de fregament amb coeficient $\mu = 0,2$ i que la fricció amb l'aire és negligible, calculeu:



- a. L'acceleració i la velocitat del sistema «cotxe - remolc» 8 segons després d'haver-se iniciat el moviment.
- b. La força de tracció i la potència del motor del cotxe 8 segons després d'haver-se iniciat el moviment.
- c. El treball que han fet les forces de fregament durant els primers 10 segons del moviment.

Resultat: $1,37 \text{ m/s}^2$ i 11 m/s
 7.160 N i $7,86 \cdot 10^4 \text{ W}$
 $-2,89 \cdot 10^5 \text{ J}$

51. (PAU juny 00) Sobre una massa $M = 5 \text{ kg}$, que es troba en repòs a la base del pla inclinat de la figura, s'aplica una força horitzontal F de mòdul 50 N . En arribar a l'extrem superior E , situat a una altura $H = 10 \text{ m}$ respecte el terra horitzontal, la força F deixa d'actuar. Si el coeficient de fricció durant el moviment entre la massa i el pla inclinat val $\mu = 0,2$ i l'angle del pla amb l'horitzontal $\beta = 30^\circ$, calcula:

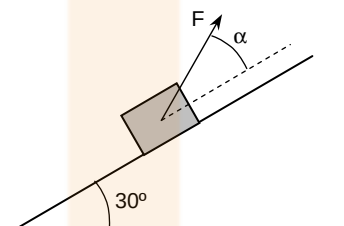


- a. La força normal i la força de fregament entre la massa i el pla inclinat.
- b. La velocitat de la massa en arribar a l'extrem superior E .
- c. L'energia cinètica amb què la massa arribarà al terra. Quin tipus de trajectòria seguirà la massa després de passar per E ?

Resultat: $68,3 \text{ N}$
 $13,66 \text{ N}$
 $6,41 \text{ m/s}$
 $592,7 \text{ J}$

52. (PAU setembre 00) Volem fer pujar amb velocitat constant un cos de massa 10 kg per un pla inclinat. Per a això li apliquem una força F . El coeficient de fregament dinàmic entre el cos i el pla inclinat és $\mu = 0,3$.

- a. Quant ha de valer el mòdul de F si la seva direcció és paral·lela al pla inclinat ($\alpha = 0$)?
- b. En aquest cas, quant varien l'energia cinètica i l'energia potencial gravitatòria del cos si aquest es desplaça una distància de 5 m pel pla inclinat? Quin treball fan F i la força de fregament en aquest trajecte?
- c. En el cas que α fos tal com es veu a la figura, raoneu si la força de fregament seria més gran o més petita que per a $\alpha = 0$.



Resultat: $74,46 \text{ N}$
 245 J i 0 J
 $372,3 \text{ J}$ i $-127,3 \text{ J}$
més petita

53. (PAU juny 02) Un cotxe de massa 1.500 kg arrossega un remolc de 500 kg . Inicialment el cotxe està aturat en un semàfor i arrenca amb una acceleració constant de 2 m/s^2 . La carretera sobre la qual circula és ascendent i té una inclinació constant de 10° . Suposant que les forces de fricció sobre el cotxe i sobre el remolc són negligibles:

- a. Feu un esquema amb totes les forces que actuen sobre el remolc. Per a cadascuna d'aquestes, indiqueu sobre quin cos s'aplicarà la força de reacció corresponent.

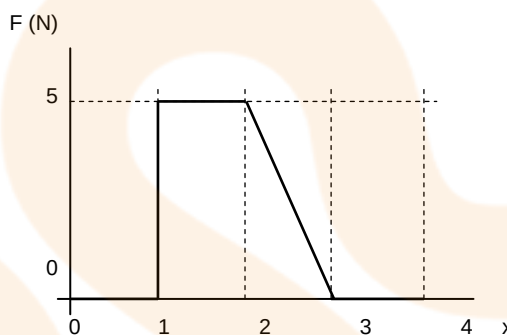
- b. Calculeu la força de tracció que fa el motor del cotxe i la força amb què el cotxe estira el remolc.
- c. Quina haurà estat la variació de l'energia mecànica del cotxe en un recorregut de 25 m a partir del punt d'arrencada?

Resultat: 7.403,5 N i 1.851 N
1,39.10⁵ J

54. (PAU setembre 00) Deixem caure sense velocitat inicial un objecte de 4 kg de massa per un pla inclinat 30° sobre l'horitzontal. El coeficient de fricció cinètic entre el cos i el pla és $\mu = 0,1$. Troba l'energia cinètica del cos després d'haver recorregut una distància de 5 m pel pla inclinat.

Resultat: 81,02 J

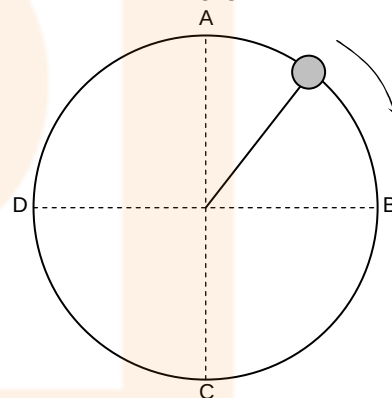
55. (PAU setembre 00) A la gràfica es representa la força en funció de la distància a l'origen de coordenades que actua sobre un cos que es mou sobre una recta. Quin serà el treball fet per la força sobre el cos entre els punts $x = 1$ i $x = 2$ m? I entre els punts $x = 0$ i $x = 4$ m?



Resultat: 5 J i 7,5 J

56. (PAU setembre 00) Un cos de 200 g lligat a un cordill de massa negligible i 60 cm de llargada gira en un pla vertical. En el punt més alt de la seva trajectòria (A) el cos té una velocitat de 3 m/s:

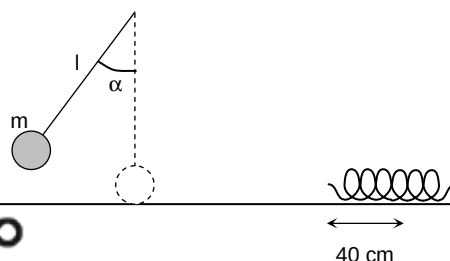
- a. Fes un esquema de les forces degudes a la corda i al pes que actuen sobre el cos quan la corda està horitzontal i quan està vertical (quan el cos passa per A, per B, per C i per D).
- b. Calcula la tensió de la corda quan el cos passa per A.
- c. Quina és la velocitat del cos quan passa pel punt més baix (C)?



Resultat: 1,04 N
5,7 m/s

57. (PAU juny 01) Una massa $m = 500$ g penja d'un fil de longitud $l = 2$ m. Es deixa anar la massa quan el fil forma un angle α amb la vertical, i quan passa pel punt més baix la seva velocitat és $v = 3$ m/s. En aquest instant es trenca la corda i la massa m continua movent-se sobre el pla horitzontal fins a topar amb una molla. La compressió màxima de la molla deguda al xoc amb la massa m és de 40 cm. Es demana:

- a. La tensió de la corda immediatament abans de trencar-se.
- b. El valor de l'angle α .





c. La constant recuperadora (k) de la molla.

Resultat: 7,25 N
39,2°
28,125 N/m

58. (PAU juny 05) Un gronxador està format per una cadira d'1,5 kg i una cadena d'1,80 m de longitud i massa negligible. Una nena de 20 kg s'hi gronxa. En el punt més alt de l'oscil·lació, la cadena forma un angle de 40° amb la vertical. Determina:

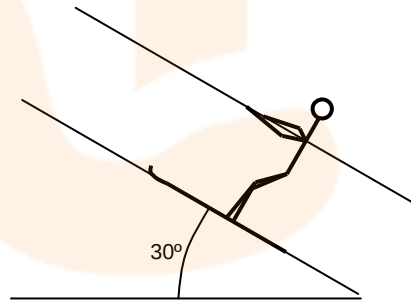
- L'acceleració del gronxador i la tensió de la cadena en el punt més alt de l'oscil·lació.
- La velocitat del gronxador en el punt més baix de l'oscil·lació.
- La tensió màxima de la cadena.

Resultat: 6,3 m/s² i 162 N
2,9 m/s
310 N

59. (PAU juny 02) Un esquiador de 70 kg de massa puja un pendent nevat de 30° d'inclinació a una velocitat constant $v = 2$ m/s mitjançant un remuntador, tal com es veu a la figura adjunta. El coeficient de fregament entre l'esquiador i el terra nevat val $\mu = 0,02$. Calculeu:

- L'energia que es perd per fregament durant un interval de temps de 10 s.
- El treball que realitza el motor del remuntador quan l'esquiador puja un desnivell de 100 m.
- La potència que desenvolupa el motor del remuntador.

Resultat: 242 J
72.420 J
724,2 W

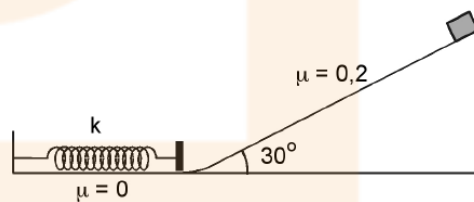


60. (PAU juny 05) Des de la part superior d'un pla inclinat, d'angle 37° amb el pla horitzontal i longitud 5 m, deixem caure una partícula de massa 10 kg. La partícula arriba a la part inferior del pla inclinat amb una velocitat de 6 m/s.

- Quant val el treball que la força pes ha fet sobre la partícula en aquest trajecte?
- Quant val el treball fet per la força de fregament?

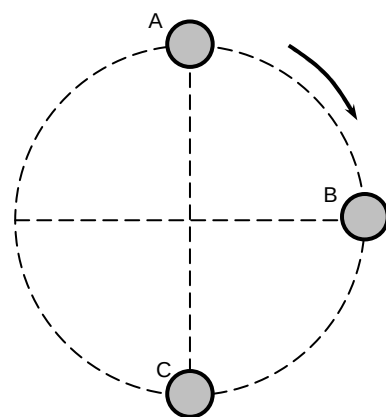
Resultat: 294 J
-114 J

61. (PAU reserva 04) Una vagoneta que pesa 500 N es troba inicialment en repòs al capdamunt d'una rampa de 20 m de llargada, 30° d'inclinació amb l'horitzontal i coeficient de fricció $\mu = 0,2$. La vagoneta es deixa lliure i al final de la rampa continua el seu moviment sobre un pla horitzontal sense fricció, on topa amb una molla de constant recuperadora $k = 7 \cdot 10^4$ N/m. Considera $g = 10$ m/s². Calcula:



- La velocitat amb què la vagoneta arriba al final de la rampa.
- El temps que la vagoneta triga a arribar al final de la rampa.
- La deformació màxima que es produeix en la molla, si no s'ha perdut energia mecànica en la col·lisió.

Resultat: 11,43 m/s
3,5 s
0,3 m

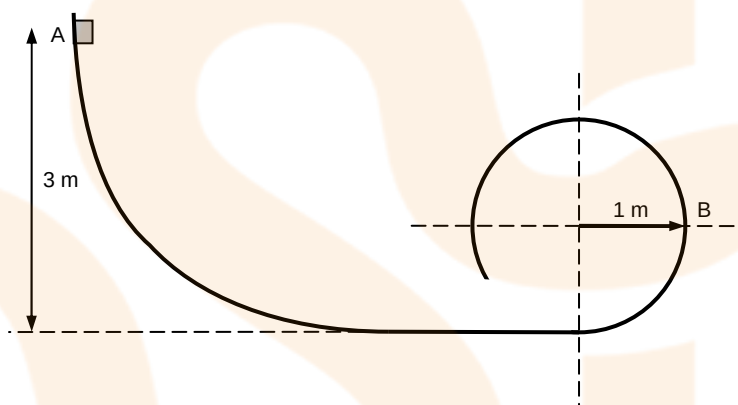


62. (PAU setembre 02) Un cos de 5 kg de massa gira en un pla vertical lligat a l'extrem lliure d'una corda de 2,1 m de longitud, tal com es veu a la figura. El cos passa pel punt A amb una velocitat angular $\omega_A = 2,9 \text{ rad/s}$ i pel punt C amb una velocitat lineal $v_C = 10,9 \text{ m/s}$. La tensió de la corda quan el cos passa per B val $T_B = 185,8 \text{ N}$. Es demana:

- La tensió de la corda quan el cos passa pels punts A i C.
- La variació de l'energia potencial del cos quan aquest va des de A fins a B i el treball que fa la tensió de la corda en aquest trajecte.
- L'acceleració normal del cos quan passa per B.

Resultat: 39,3 N i 331,9 N
-103 J i 0 J
37,2 m/s²

63. (PAU juny 05) Deixem caure una massa puntual de 2 kg des de l'extrem A de la guia representada a la figura, situat a 3 m de terra. L'altre extrem de la guia descriu un cercle de radi 1 m, en un pla vertical. Suposa que no hi ha fregament a la guia, i determina:



- La velocitat de la partícula en el punt B.
- La força que la guia fa sobre la partícula en el punt B.
- El mòdul de l'acceleració total de la partícula en el punt B.

Resultat: 6,3 m/s
78 N
40 m/s²

64. Deixo anar un objecte de mig quilogram per un pla inclinat 30° des d'una alçada de 4,05 m i arriba a baix amb una velocitat de 7 m/s.

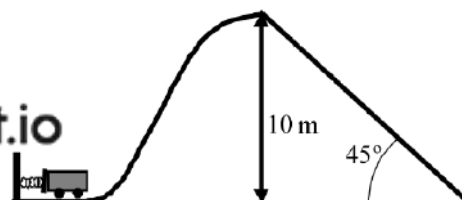
- S'ha conservat l'energia?
- Si la resposta a és negativa, quina energia s'ha perdut?
- Quant val la força de fricció? I el coeficient de fricció?

Resultat: No
8 J
0,987 N i 0,23

65. (PAU setembre 03) Una partícula de massa 500 g descriu un moviment vibratori harmònic de manera que la seva posició (en unitats del sistema internacional) ve donada per $x = 0,20 \sin(10\pi t)$, on t és el temps. Calcula l'energia cinètica màxima de la partícula i la força màxima que actua sobre ella. Indica en quins punts de l'oscil·lació s'assoleixen aquests valors màxims.

Resultat: 9,87 J
98,7 N

66. (PAU juny 09) Una atracció de fira consisteix en una vagoneta que, a partir del repòs, és impulsada una distància de 100 cm per un ressort horitzontal inicialment comprimit. La vagoneta puja fins a una altura de 10





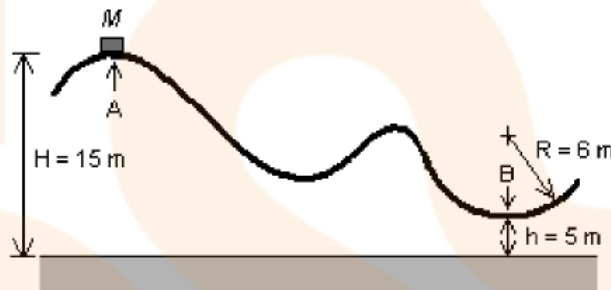
m i a partir d'aquí baixa per un pla inclinat 45° e n què una força de fricció constant fa que s'aturi just quan arriba a l'altura zero. La vagoneta té una massa total de 1.000 kg, la constant elàstica del ressort és $2,50 \cdot 10^5$ N/m i suposem que sobre la vagoneta no hi actuen forces de fricció ni mentre és impulsada ni mentre puja. Calculeu:

- La velocitat de la vagoneta just després que la molla la impulsi.
- La velocitat amb què arribarà al punt més alt de l'atracció.
- El mòdul de la força de fricció que fa que la vagoneta s'aturi.

Resultat: 15,8 m/s
7,32 m/s
 $8,82 \cdot 10^3$ N

67. (PAU setembre 06) En una atracció de fira, una vagoneta de massa $M = 300$ kg arrenca del repòs en el punt A i arriba al punt B amb una velocitat de $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, després de recórrer el circuit representat en la figura. Preneu $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ i calculeu:

- El treball fet pel pes de la vagoneta des del punt A fins al punt B.
- La quantitat de calor alliberada, com a conseqüència del fregament, en el

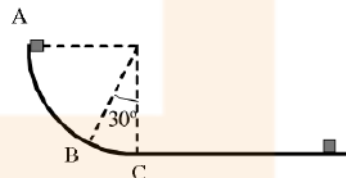


- descens de A a B.
- El valor de la força de contacte entre la vagoneta i el punt B de la pista, si tenim en compte que el punt B és el punt més baix d'un arc de circumferència de 6 m de radi.

Resultat: $3 \cdot 10^4$ J
 $-1,5 \cdot 10^4$ J
 $8 \cdot 10^3$ N

68. (PAU setembre 08) Deixem anar un cos d'1 kg de massa des del punt A, situat sobre una pista constituïda per un quadrant de circumferència de radi $R = 1,5$ m i en la qual es considera negligible el fregament, tal com es veu a la figura de sota. Quan el cos arriba a la part inferior del quadrant (punt C), llisca sobre una superfície horitzontal fins que queda aturat a una distància de 2,7 m del punt C. Trobeu:

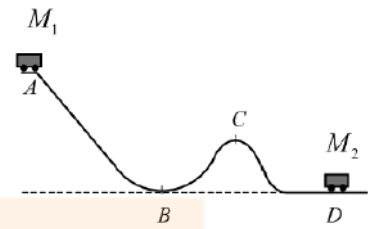
- La velocitat del cos en el punt C.
- El coeficient de fregament cinètic entre la pista i el cos a la part horitzontal.
- La força que fa el cos sobre la pista quan passa pel punt B.



Resultat: 5,42 m/s
0,56
25,5 N

69. (PAU juny 09) En unes muntanyes russes, una vagoneta de massa $M_1 = 2.500$ kg arrenca del repòs en el punt A i recorre una pista com la representada a la figura. Després de recórrer el trajecte, xoca amb un altra vagoneta de massa $M_2 = 3.500$ kg, que estava aturada en el punt D, de manera que després de la col·lisió queden totes dues unides. El fregament és negligible en tot el recorregut. El punt A és a una altura de 25 m respecte de l'horitzontal que passa pels punts B i D, i el punt C és a una altura de 20 m.

- a. Calculeu la velocitat que tindrà el conjunt de les dues vagonetes després del xoc.
- b. Dibuixeu l'esquema de les forces que actuen sobre la vagoneta de massa M_1 quan passa pel punt B. Calculeu el valor de cada una d'aquestes forces. Sabem que el punt B és el punt més baix d'un arc de circumferència de 20 m de radi.
- c. Calculeu el mínim radi de curvatura que ha de tenir la pista en el punt C perquè la vagoneta no perdi el contacte amb les vies.



Resultat: 9,2 m/s
24.500 N i $8,57 \cdot 10^4$ N
10 m

7. Impuls i quantitat de moviment

1. (OIF febrer 01) Dos cossos A i B es mouen un contra l'altre amb velocitats de 80 cm/s i 20 cm/s respectivament. La massa d'A és 140 g i la de B és de 60 g. Després d'una col·lisió frontal elàstica la velocitat de B és:

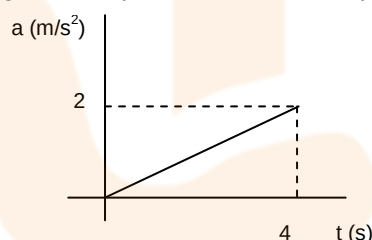
a. 20 cm/s.
b. 92 cm/s.
c. 1,2 m/s.
d. 8 m/s.

Resultat: c.

2. (OIF febrer 01) Una partícula de massa $m = 1,0$ kg està sotmesa a una única força, resultant una acceleració que és mostrada a la figura. L'impuls mecànic rebut per la partícula és:

a. 0,5 N.s
b. 2 N.s
c. 4 N.s
d. 8 N.s

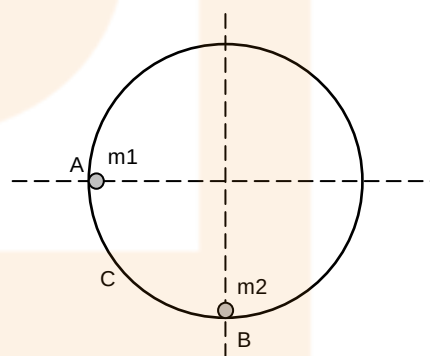
Resultat: c



3. (PAU juny 99) És possible que en un cert procés es conservi la quantitat de moviment d'un sistema de partícules però que no se'n conservi l'energia cinètica? si la resposta és negativa, raona-ho. Si la resposta és afirmativa, posa'n un exemple.

4. (PAU juny 05) La figura representa una guia circular en un pla vertical. La bola m_1 , inicialment en repòs en el punt A, llisca per la guia i xoca elàsticament amb la bola m_2 , inicialment en repòs en el punt B. Com a conseqüència del xoc, la bola m_1 retrocedeix fins a la posició C. El fregament és negligible.

- a. La massa de la bola m_2 : a) És igual que la de la bola m_1 . b) És més petita. c) És més gran.
b. La quantitat de moviment de la bola m_1 després del xoc: a) És la mateixa que abans del xoc. b) És diferent que abans del xoc. c) Es manté constant.
c. La quantitat de moviment del sistema constituït per les dues boles: a) És la mateixa en tot moment des que m_1 ha sortit d'A. b) Varia per efecte del xoc. c) No varia per efecte del xoc.



- d. En tot el procés es manté constant: a) L'energia cinètica del sistema. b) L'energia mecànica del sistema. c) L'energia mecànica de m_1 .
e. Suposem que les masses m_1 i m_2 són iguals. Es verifica que: a) La bola m_1 retrocedeix fins a una posició superior al punt C. b) La bola m_2 ascendeix fins a una altura igual a la del punt A. c) Immediatament després del xoc, les velocitats de m_1 i m_2 són iguals i de sentit contrari.

Resultat: a.c), b.b), c.c), d.b), e.b)

5. (PAU juny 07) Per a mesurar la velocitat d'una bala es fa servir un pèndol balístic. La bala impacta contra un bloc molt més gran que penja del sostre. Després de l'impacte, el conjunt bala-bloc puja fins a una determinada altura.
- En l'impacte de la bala, es conserva a) la quantitat de moviment de la bala, b) la quantitat de moviment del bloc, c) la quantitat de moviment del conjunt.
 - En el moviment de pujada del conjunt bala-bloc, es conserva a) la quantitat de moviment, b) l'energia mecànica, c) totes dues magnituds.
- Resultat:** a.c)
b.b)
-
6. Un objecte de 20 g de massa que porta una velocitat de 0,5 m/s xoca amb un segon objecte de 50 g i que té una velocitat de 0,2 m/s en el mateix sentit que el primer. Calcula les velocitats dels dos cossos després del xoc si aquest és completament elàstic.
- Resultat:** 0,0714 i 0,3714 m/s
-
7. (PAU juny 99) Suposa el cas ideal d'una pilota de tennis de 80 g de massa que xoca contra una paret vertical i tant abans com després de xocar-hi va a 30 m/s i es mou en la mateixa direcció horitzontal. S'ha conservat la quantitat de moviment de la pilota durant el xoc? Quant val el mòdul de l'impuls realitzat per la paret sobre la pilota?
- Resultat:** No
4,8 kg.m/s
-
8. Un cos de 8 kg de massa té una velocitat de 10 m/s i xoca frontalment amb un objecte de 12 kg que es troba aturat. Si el xoc és totalment inelàstic, calcula
- La velocitat del sistema després del xoc.
 - La pèrdua d'energia en el procés.
- Resultat:** 4 m/s
240 J
-
9. (PAU juny 08) Un vagó de massa M es desplaça a una velocitat v per una via horitzontal sense fricció i xoca contra un altre vagó idèntic aturat. Si després de l'impacte ambdós vagons queden units, quin percentatge de l'energia inicial s'ha perdut en el xoc?
- Resultat:** 50%
-
10. (PAU juny 03) Un projectil de 5 kg de massa es dispara amb una velocitat inicial de 200 m/s i amb un angle de 45° amb l'horitzontal. Suposant negligibles els efectes del fregament, explica raonadament si les magnituds següents es conserven al llarg del moviment:
- La quantitat de moviment del projectil.
 - L'energia mecànica del projectil.
- D'aquelles magnituds que es conservin, calcula'n el valor.
- Resultat:** No es conserva
Sí es conserva, 10^5 J
-
11. Una molla de constant elàstica 2.000 N/m és comprimida 10 cm per dos blocs de masses 5 kg i 2 kg situats als seus extrems. El sistema es deixa lliure sobre una superfície plana sense fregament.
- Quina serà la velocitat de sortida dels dos blocs?
- Resultat:** 1,07 m/s
2,67 m/s
-
12. Un pèndol està format per una massa de 3 kg situada a l'extrem d'un fil d'1 metre de llargada. Inicialment se situa el pèndol en posició horitzontal i es deixa caure. Quan la massa passa pel punt més baix xoca amb una massa de 200 g que va en sentit contrari amb una velocitat de 10 m/s i s'hi enganxa.



- a. Quina serà l'altura màxima a què arribarà el conjunt de les dues masses?
- b. Quina és la tensió del fil just abans del xoc?
- c. Quina força ha de suportar el fil just després de l'impacte?
- d. Quina energia s'ha perdut en el xoc?

Resultat: 0,63 m
138 N
71,64 N
19,61 J

13. Un camió (que ve de l'oest) i un cotxe (que ve del sud) xoquen inelàsticament en una cruïlla de carrers perpendiculars. La massa del camió és de 8 tones i la del cotxe 1,5 tones i les seves velocitats són 36 km/h i 126 km/h respectivament.

- a. Quina és la velocitat de la ferralla després del xoc?
- b. En quina direcció es mou el conjunt?

Resultat: 10,06 m/s
33,24°

14. Un cotxe de 1.000 kg que va amb una velocitat de 64,8 km/h en sentit nord xoca amb una moto de 120 kg què va a 50,4 km/h i li surt de la dreta d'un carrer que fa 60° amb el principal. El xoc és totalment inelàstic.

- a. Quina serà la velocitat del sistema cotxe-moto després del xoc?

Resultat: 16,87 m/s

15. Una bala de 10 grams penetra en un bloc de 5 kg i el conjunt comprimeix 3 cm una molla de constant elàstica 1.500 N/m. Si tenim en compte que no hi ha fregament amb el terra,

- a. Calcula la velocitat de la bala abans de l'impacte.
- b. Quina és la variació d'energia mecànica d'aquest xoc?

Resultat: 260 m/s
337 J

16. Un canó de 5 tones dispara un projectil de 8 kg amb un angle de tir de 30 graus respecte l'horitzontal. El projectil triga vuit centèsimes de segon a recórrer el canó i surt amb una velocitat de 200 m/s.

- a. Quina serà la velocitat de retrocés del canó en direcció horitzontal?
- b. Quina és la força (normal) de reacció del terra sobre el canó?

Resultat: 0,28 m/s
60.000 N

17. (PAU juny 02) Dos patinadors, A i B, amb la mateixa massa, $m = 40$ kg, es troben en repòs sobre una pista horitzontal sense fregament apreciable. El patinador A llença a una velocitat horitzontal $v = 2$ m/s una bola de massa $m = 6$ kg que recull el patinador B. Trobeu la velocitat final de cada patinador.

Resultat: -0,3 i 0,26 m/s

18. Dues partícules de 4 i 6 kg que van en sentits contraris xoquen frontalment amb velocitats de 8 i 12 m/s i reboten de manera perfectament elàstica.

- a. Quines són les velocitats després del xoc?

Resultat: -16 m/s
4 m/s

19. (PAU juny 02) En un xoc unidimensional, una bola de 5 kg es dirigeix cap a la dreta a una velocitat de 7 m/s i col·lideix contra una altra bola de 8 kg que inicialment està en repòs. Després del xoc, la bola de 5 kg va cap a l'esquerra a una velocitat d'1 m/s i la bola de 8 kg va cap a la dreta a una velocitat de 5 m/s.

- a. Esbrineu si el xoc és elàstic o inelàstic.
- b. Comproveu si es conserva la quantitat de moviment.

Resultat: Inelàstic
es conserva

20. Un objecte de 3 kg es troba situat en el límit d'un desnivell vertical de 3 m d'alçada quan un bloc d'un quilogram que porta una velocitat de 5 m/s xoca elàsticament amb ell i el fa caure.

a. A quina distància de la vertical caurà el bloc de 3 kg?

Resultat: 1,96 m

21. (PAU) Siguin dos satèl·lits A i B de masses iguals m que es mouen en la mateixa òrbita circular al voltant de la Terra, que té massa M , però en sentits de rotació oposats i, per tant, en una trajectòria de xoc. El període de rotació, T , dels satèl·lits és de 24 h.

- Demostra que el radi de la trajectòria satisfà l'equació $r^3 = G \cdot M (T/2\pi)^2$.
- Quines són la velocitat i l'energia mecànica dels satèl·lits abans del xoc?
- Si, com a conseqüència del xoc, un satèl·lit s'incrusta en l'altre, quina serà la velocitat del cos de massa $2m$ després del xoc?
- Quin moviment seguirà després del xoc el cos de massa $2m$ que en resulta? Quant val la pèrdua d'energia mecànica?

Dades: $m = 100 \text{ kg}$; $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Resultat: 3.073 m/s
- $4,72 \cdot 10^8 \text{ J}$
0 m/s
- $9,44 \cdot 10^8 \text{ J}$

22. (PAU juny 97) Una granada de 4 kg, inicialment en repòs, explota en tres fragments. Dos d'ells tenen la mateixa massa i surten amb velocitats que tenen el mateix mòdul ($v = 5 \text{ m/s}$) però direccions perpendiculars. El tercer tros té massa triple que cadascun dels altres dos.

- Quant val la quantitat de moviment de la granada abans i després de l'explosió?
- Amb quina velocitat surt el tercer tros?
- Calculeu l'energia mecànica de la granada generada com a conseqüència de l'explosió. Quin és l'origen d'aquesta energia?

Resultat: 26,62 J

23. (PAU juny 98) Un cos en repòs esclata i es divideix en dues parts. Justifica que les velocitats de les dues parts han de tenir la mateixa direcció. Les velocitats, tindran el mateix sentit o sentit contrari?

24. (PAU juny 98) Dos cotxes de masses $M_1 = 800 \text{ kg}$ i $M_2 = 600 \text{ kg}$ es mouen en direccions perpendiculars. El primer, a velocitat horitzontal $v_1 = 36 \text{ km/h}$ i el segon, a velocitat vertical $v_2 = 18 \text{ km/h}$. Els cotxes xoquen de manera totalment inelàstica.

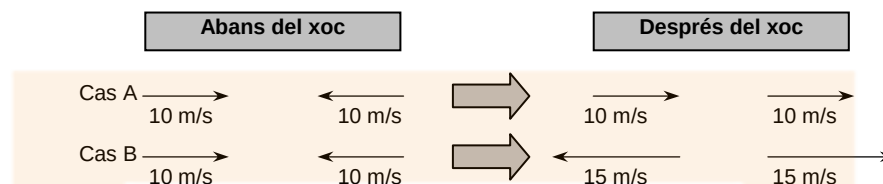
- Quins són els components del vector quantitat de moviment total abans i després del xoc?
- Quina és la velocitat (en mòdul i direcció) del conjunt dels dos cotxes després del xoc?
- Quanta energia s'ha perdut en el xoc?

Resultat:
 $8.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ i $+ 3.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 $6,10 \text{ m/s}$ i $20,55^\circ$
- 21.453 J

25. (PAU juny 98) Dos cossos amb la mateixa massa, que tenen velocitats d'igual mòdul ($v = 10 \text{ m/s}$) i igual direcció però sentit contrari, xoquen frontalment. En el dibuix es



representen dues possibles situacions per a les velocitats dels cossos després del xoc. Raona per què cap de les dues és possible. (Les masses dels cossos són les mateixes abans i després del xoc.)



26. (PAU setembre 97) Un patinador de 45 kg de massa que està aturat al mig d'una pista de gel llança un disc de 500 g amb una velocitat de 6 m/s. Quina velocitat tindrà el patinador immediatament després del llançament?

Resultat: 0,066 m/s

27. (PAU setembre 98) Un bloc de fusta de 2 kg de massa està en repòs sobre una taula. El coeficient de fricció entre el bloc i la taula és $\mu = 0,8$. El bloc està unit a una molla que està fixada per l'altre extrem. Un petit cos metàl·lic de 150 g de massa, amb velocitat horitzontal de 200 m/s, xoca contra el bloc i hi queda incrustat. Suposant que el xoc és instantani, calcula:

- La velocitat del conjunt bloc-cos immediatament després del xoc.
- La pèrdua d'energia mecànica en el xoc.
- Si la màxima compressió de la molla és de $x = 90$ cm, quant valdrà la constant elàstica k de la molla?

Resultat: 13,95 m/s
- 2.790 J
516,5 N/m

28. (PAU setembre 97) En una experiència de laboratori es deixa caure verticalment una pilota de goma de 50 g sense velocitat inicial des d'una certa alçada h i es mesura l'alçada h' a la qual puja després de rebotar a terra. La taula de resultats és:

.h (cm)	200,0	175,0	150,0	125,0	100,0	75,0	50,0	25,0
.h' (cm)	171,0	149,5	100,5	106,5	85,5	64,2	42,5	21,5

- Refusaries alguna de les dades? Per què? Si s'han mesurat amb un regle mil·limètric, quin és l'error relatiu en la primer i l'última de les mesures d' h ?
- És elàstic el xoc amb el terra? Com hauria de ser la taula per poder afirmar que el xoc és elàstic?
- Quanta energia s'ha perdut en la primera de les mesures de la taula?
- Si v és la velocitat just abans de tocar a terra i v' és la velocitat just després, podríem considerar que la relació v/v' és constant i donar-ne un valor?

29. (PAU setembre 99) Es llança verticalment des de terra un coet de 20 kg de massa. El coet explota 10 segons després, quan la seva velocitat és de 102 m/s. Com a conseqüència de l'explosió es divideix en dos fragments. El primer, que té una massa de 5 kg, surt amb una velocitat de 50 m/s en la mateixa direcció i sentit amb què es movia el coet en el moment de l'explosió. Determina,

- La velocitat amb què es va llançar el coet i a quina distància de terra estava en el moment de l'explosió.
- La velocitat del segon fragment immediatament després de l'explosió (indica'n el mòdul, la direcció i el sentit).
- L'energia cinètica i l'energia potencial gravitatòria del fragment de 5 kg quan hagin transcorregut 7 segons des de l'explosió.

Nota: suposa constant l'acceleració de la gravetat $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Resultat: 200 m/s i 1.510 m
119,33 m/s vertical i cap amunt
864,9 J i 1.619,9 J

30. (PAU juny 00) Una pilota cau des d'una altura H , xoca elàsticament amb el terra i rebota de manera que puja fins a la mateixa altura H . Raona si com a conseqüència del xoc ha canviat o no:

- La quantitat de moviment de la pilota.
- L'energia cinètica de la pilota.

31. (PAU juny 00) Un cos es mou amb una velocitat de 5 m/s. Si de cop es trenca en dues parts iguals de manera que una d'elles es mou amb una velocitat de 2 m/s en la mateixa direcció i sentit que el cos original, quina serà la velocitat (en mòdul, direcció i sentit) de l'altra part?

Resultat: 8 m/s, mateixa direcció i sentit

32. (PAU juny 03) Un projectil de 20 g va a una velocitat horitzontal de 300 m/s i s'encasta en un bloc de 1,5 kg que està inicialment en repòs. Calcula la velocitat del conjunt immediatament després de l'impacte.

33. (PAU juny 05) En el joc del billar les boles tenen masses iguals, i poden xocar entre elles o rebotar en una de les bandes de la taula de billar.

- Les bandes de la taula estan dissenyades perquè les boles hi rebotin elàsticament. En un d'aquests rebots: a) Es conserva la quantitat de moviment. b) Es conserva l'energia cinètica. c) No es conserva ni la quantitat de moviment ni l'energia cinètica
- El xoc entre dues boles és parcialment inelàstic. En un xoc d'aquesta mena: a) Es conserva la quantitat de moviment. b) Es conserva l'energia cinètica. c) No es conserva ni la quantitat de moviment ni l'energia cinètica.
- En un xoc entre dues boles, les forces que s'exerceixen entre si: a) Són iguals en mòdul i direcció, i tenen sentits contraris. b) Tenen mòdul diferent, perquè el mòdul de la força sobre cada bola depèn de la velocitat amb què la bola arriba al xoc. c) Tenen direcció diferent, perquè la direcció de la força sobre cada bola depèn de la direcció de la velocitat amb què la bola surt del xoc.
- Si una de les boles inicialment està aturada i el xoc és frontal, quina de les situacions finals següents és impossible: a) La bola que estava aturada és la que es mou més ràpidament. b) Les boles surten en sentits contraris. c) Les boles surten en el mateix sentit.
- Si en el cas anterior el xoc hagués estat elàstic, en la situació final: a) Les boles es reparteixen la velocitat inicial, la meitat cadascuna. b) Les boles es reparteixen l'energia cinètica inicial, la meitat cadascuna. c) La bola que estava aturada es queda amb tota l'energia cinètica.

Resultat: a.b), b.a), c.a), d.b), e.c)

Resultat: 3,95 m/s

34. (PAU setembre 00) Un jugador de futbol, que està parat amb la pilota als peus, passa la pilota a un company que es troba 15 m davant seu i que s'està allunyant amb velocitat constant en la direcció de la recta que uneix els dos jugadors. La pilota té una massa de 400 g i surt dels peus del primer jugador amb una velocitat de 20 m/s, formant un angle de 20° respecte al terra. Calcula:

- La màxima altura assolida per la pilota en la seva trajectòria.
- La velocitat que ha de dur el segon jugador perquè la pilota caigui als seus peus just quan aquesta arriba al terra.
- Els components horitzontal i vertical de l'impuls mecànic que el primer jugador ha comunicat a la pilota.



Resultat: 2,38 m
8,08 m/s
7,51 i 2,73 kg.m/s

35. (PAU setembre 00) Es produeix una explosió en un sistema aïllat. Justifica quina o quines de les següents afirmacions són correctes:

- a. *No varia ni la seva quantitat de moviment ni la seva energia cinètica.*
- b. *Varia la seva quantitat de moviment però no la seva energia cinètica.*
- c. *Varien la seva quantitat de moviment i la seva energia cinètica.*
- d. *No varia la seva quantitat de moviment però sí la seva energia cinètica.*

Resultat: F, F, F i V

36. (PAU setembre 00) Es llança una pedra de 20 kg de massa amb una velocitat inicial de 200 m/s que forma un angle de 30° amb l'horitzontal.

- a. *Quant valdrà la seva energia mecànica en el punt més alt de la seva trajectòria?*
- b. *Quina ha estat la variació de la quantitat de moviment de la pedra en anar des del punt de llançament fins al de màxima altura en la seva trajectòria parabòlica?*

Suposa que quan arriba al punt de màxima altura la pedra es trenca en dos trossos de 5 kg i 15 kg, de manera que la massa de 15 kg queda parada immediatament després de l'explosió.

- c. *Quina seria la velocitat de la massa de 5 kg en aquest instant?*

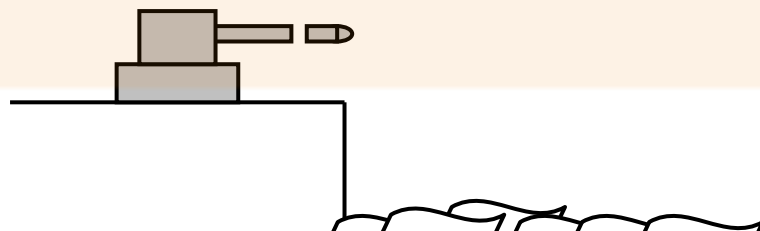
Resultat: 400.000 J
-2.000 kg.m/s
692 m/s

37. (PAU juny 01) Un atleta de 70 kg participa en una prova de salt de longitud. Si en el salt el terra li comunica un impuls de 680 N.s en una direcció que forma un angle de 20° amb l'horitzontal, es demanda:

- a. *Les components horitzontal i vertical de la velocitat amb què l'atleta surt de terra.*
- b. *La longitud del salt.*
- c. *Si l'atleta s'hagués donat el mateix impuls en un lloc on la gravetat fos més gran, raona si la longitud del salt hauria estat més gran, igual o més petita.*

Resultat: 9,13 i 3,32 m/s
6,06 m
Més petita

38. (PAU setembre 01) Un canó de 5.000 kg dispara un projectil de 40 kg amb una velocitat inicial horitzontal de 300 m/s des d'un penya-segat a una altura de 60 m sobre el nivell del mar. El canó està inicialment en repòs sobre una plataforma horitzontal fixada a terra i el coeficient de fregament entre el canó i la plataforma és $\mu = 0,2$. Calcula:



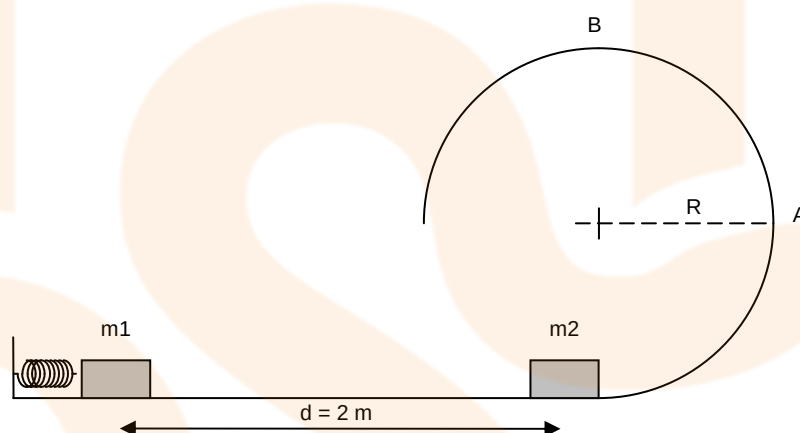
- a. *La velocitat del canó immediatament després que surti el projectil.*
- b. *L'espai recorregut pel canó sobre la plataforma com a conseqüència del tret.*
- c. *L'energia cinètica amb què arriba el projectil a l'aigua.*

(Suposa negligible la fricció amb l'aire.)

Resultat: -2,4 m/s
1,47 m
 $1,82 \cdot 10^6$ J

39. (PAU juny 03) Considera el sistema de la figura. La massa $m_1 = 1,5$ kg es troba inicialment en repòs, en contacte amb l'extrem d'una molla ideal de constant recuperadora $k = 500$ N/m, comprimida 30 cm. La massa $m_2 = 1,5$ kg també es troba inicialment en repòs, a una distància de 2 m de m_1 , a la part interior d'una pista semicircular de radi $R = 0,25$ m. Al tram horitzontal que separa m_1 de m_2 , el coeficient de fregament és $\mu = 0,2$, mentre que a la pista semicircular el fregament és negligible.

Quan la molla es deixa anar, es descomprimeix i impulsa la massa m_1 , que se separa de la molla i xoca elàsticament amb m_2 . Calcula:



- La velocitat de m_1 un instant abans d'entrar en contacte amb m_2 .
- Les velocitats de les dues masses un instant després d'entrar en contacte.
- L'acceleració centrípeta de m_2 quan arriba a la part més alta de la pista circular (punt B).

Resultat: 4,69 m/s
0 m/s i 4,69 m/s
48 m/s²

40. (PAU juny 04) Una massa $m_1 = 200$ g es troba en repòs sobre una superfície horitzontal, sense fricció apreciable, unida a l'extrem d'una molla de massa negligible que per l'altre extrem està unida a una paret i inicialment no està ni comprimida ni estirada. Una segona massa $m_2 = 600$ g es desplaça sobre la mateixa superfície amb una velocitat $v = 4$ m/s en el sentit indicat en la figura i experimenta un xoc frontal, perfectament inelàstic, amb m_1 . La constant recuperadora de la molla val $k = 500$ N/m. Calcula:

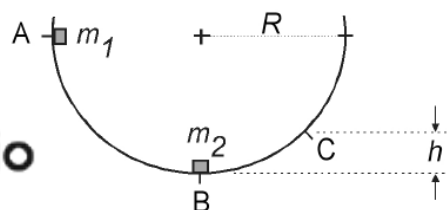
- L'energia mecànica perduda en el xoc.
- La compressió màxima de la molla.



- La velocitat del sistema quan el desplaçament, mesurat des del punt on es produeix el xoc, és de 6 cm.

Resultat: -1,2 J
0,12 m
2,6 m/s

41. (PAU setembre 04) Deixem caure un cos m_1 de massa 1 kg des del punt A d'una guia





semicircular de radi $R = 2 \text{ m}$. En arribar al punt B, xoca contra una altra massa en repòs m_2 de 500 g , de manera que després de l'impacte ambdues masses queden unides i el conjunt puja per la guia fins a una altura h de 60 cm (punt C). Sabent que en la meitat AB de la guia no hi ha fricció, però en l'altra meitat sí, calcula:

- La velocitat amb què m_1 xoca contra m_2 .
- El treball de la força de fricció en el tram BC.
- La força que fa la guia sobre el conjunt en el punt C.

Resultat: $6,26 \text{ m/s}$
 $-4,21 \text{ J}$
 $10,3 \text{ N}$

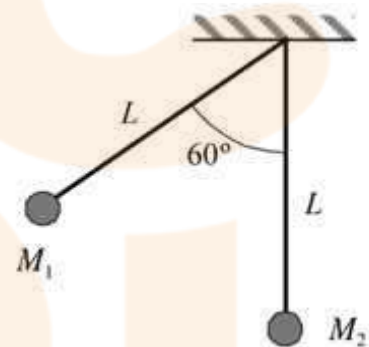
42. (PAU setembre 05) Un vagó de massa 1.000 kg es desplaça a una velocitat constant de 5 m/s per una via horitzontal sense fricció. En un moment determinat xoca amb un altre vagó de massa 2.000 kg que estava aturat, de manera que després de la col·lisió queden units. Calcula:

- La velocitat que tindrà el conjunt després del xoc.
- L'energia mecànica perduda en el xoc.

Resultat: $1,67 \text{ m/s}$
 $-8,333 \text{ J}$

43. (PAU juny 08) Dues masses, $M_1 = 200 \text{ g}$ i $M_2 = 400 \text{ g}$, pengen de dos fils inextensibles d' 1 m de longitud cada un. Inicialment els dos fils formen un angle de 60° , tal com es mostra en la figura següent: En un moment determinat deixem anar la massa M_1 , de manera que es produeix un xoc perfectament elàstic contra la massa M_2 . Calculeu:

- La velocitat de cada massa justament després del xoc.
- El valor de la variació de la quantitat de moviment que experimenta la massa M_1 en el xoc.
- L'altura que assolirà la massa M_2 després del xoc.



Resultat: $-1,04 \text{ m/s}$ i $2,09 \text{ m/s}$
 $-0,83 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 $0,22 \text{ m}$

44. (PAU juny 06) Una bola d'acer xoca elàsticament contra un bloc d' 1 kg inicialment en repòs sobre una superfície plana horitzontal. En el moment del xoc la bola té una velocitat horitzontal de 5 m/s . El coeficient de fricció dinàmic entre la superfície i el bloc és de $\mu = 0,2$. Com a conseqüència del xoc, el bloc recorre 2 m abans d'aturar-se. Calcula:

- La velocitat del bloc just després del xoc.
- La massa de la bola d'acer.
- L'energia cinètica perduda per la bola en el xoc elàstic.

Resultat: $2,80 \text{ m/s}$
 $1,27 \text{ kg}$
 $10,90 \text{ J}$

45. (PAU juny 08) Dues partícules puntuals es mouen sobre un pla horitzontal sense fregament. La velocitat inicial de la primera partícula, de massa 2 kg , és $(2, -3)$. La velocitat inicial de la segona partícula, de massa 4 kg , és $(-3, -3)$. Les partícules xoquen entre elles i després del xoc es mouen separatament. La velocitat de la primera partícula després del xoc és $(-3, -2)$. Totes les velocitats es donen en coordenades cartesianes i en m/s .

- Calculeu el mòdul de la velocitat de la segona partícula després del xoc.

- b. *Determineu si el xoc és elàstic.*
- c. *Calculeu la variació d'energia cinètica que experimenta cada partícula en el xoc.*

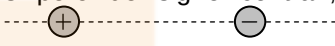
Resultat: 3,54 m/s
xoc no elàstic
0 J, -11 J



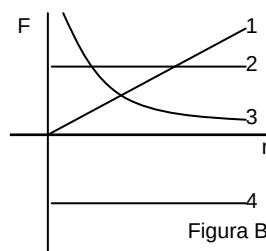
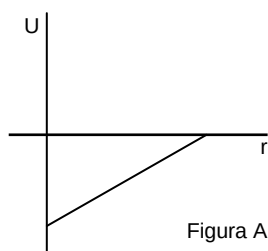


Electricitat

1. Conceptes

1. Dos objectes carregats elèctricament amb càrrega oposada s'atrauen. Explica perquè un bolígraf BIC que l'he carregat fregant-lo amb el jersei atrau a uns trossets de paper que tinc damunt la taula i que no tenen càrrega elèctrica.
2. Explica perquè hi ha objectes petits que són atrets per un altre objecte gran i carregat però al cap d'un instant surten disparats (és a dir primer actua una força d'atracció i després de repulsió!!!).
3. (PAU juny 97) Si un sistema de dues càrregues elèctriques puntuals té energia potencial positiva, són necessàriament positives les dues càrregues? Raona la resposta.
4. Perquè no podem carregar elèctricament una vara metàl·lica si la freguem amb un drap de llana mentre l'aguantem amb la mà? Què hauríem de fer per carregar-la?
5. (PAU juny 97) Raona si és certa o falsa l'afirmació següent: No cal fer cap treball per moure una partícula carregada sobre una superfície equipotencial.
6. Raona el signe de l'energia potencial elèctrica d'una càrrega positiva quan està a una certa distància d'una càrrega negativa.
Nota: recorda que l'energia potencial d'una càrrega és zero a l'infinit.
7. És cert que si en un punt el camp elèctric és nul aleshores el potencial elèctric d'aquest punt també ho serà? Raona-ho o posa un exemple que demostrï el contrari.
8. (PAU setembre 99) Dibuixa esquemàticament les línies de camp elèctric per al sistema format per dues càrregues elèctriques, iguals però de signe contrari, representades a la figura.
 

9. (OIF febrer 01) Quan l'energia potencial $U(r)$ ve donada per la figura A, llavors la força ve donada en la figura B per la corba:





- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

Resultat: d

10. (OIF febrer 01) Sigui un camp E electrostàtic:

- a. Si en una regió de l'espai el camp és uniforme, el potencial és nul en la mateixa regió.
- b. Si en una regió de l'espai el camp és uniforme, el potencial és constant.
- c. Si en una regió de l'espai el camp és nul, el potencial és constant.
- d. Si en una regió de l'espai el camp és nul, el potencial també és nul.

Resultat: c

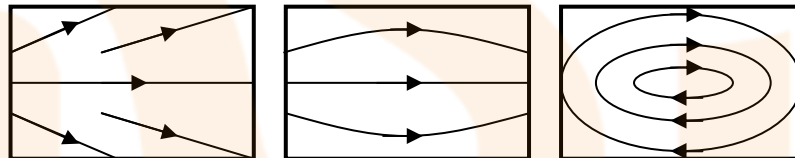
11. (OIF febrer 01) Tenim tres esferes metàl·liques idèntiques. Es carrega la primera i es toca amb ella la segona; amb la segona es toca la tercera. Finalment amb la tercera es toca la primera, quina fracció de la càrrega inicial queda en les esferes primera, segona i tercera respectivament?

- a. $1/3$, $1/3$ i $1/3$
- b. $1/4$, $1/2$ i $1/4$
- c. $3/8$, $2/8$ i $3/8$
- d. $2/8$, $4/8$ i $2/8$

Resultat: c

12. (OIF febrer 01) Considera els tres camps representats en les figures i suposa que no hi ha càrregues elèctriques en les regions que es mostren, quina o quines figures representen un possible camp electrostàtic?

- a. 1



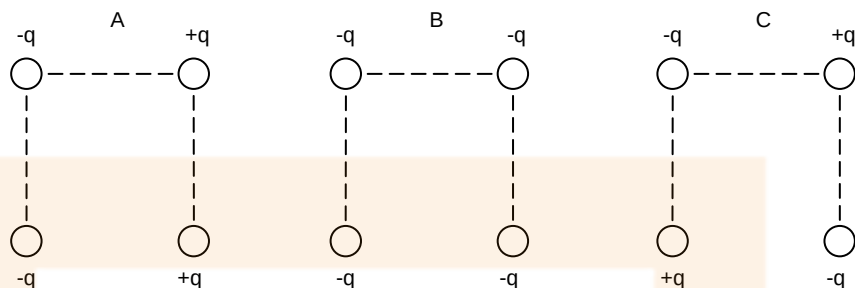
- b. 2
- c. 1 i 2
- d. 2 i 3

Resultat: b

13. (PAU juny 03) A la figura es mostren tres distribucions de càrregues, A, B i C, cadascuna de les quals està formada per quatre càrregues puntuals situades als vèrtexs d'un quadrat. Totes les càrregues tenen el mateix valor absolut q , però poden diferir en el signe, com es mostra a la figura. Indica en quina o quines distribucions es compleix que:

- a. El camp és nul al centre del quadrat però el potencial no.
- b. Tant el camp com el potencial són nuls al centre del quadrat.

Justifica les respostes.



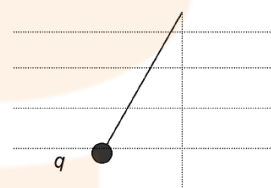
Resultat: B i C
C

14. (PAU setembre 04) Dues càrregues puntuals fixes Q i $-Q$ estan separades una distància D . Digues si les afirmacions següents són certes o falses i justifica la resposta.

- En la línia que uneix les dues càrregues només hi ha un punt (a distància finita) en què el potencial elèctric és nul.
- No hi ha cap punt de l'espai (a distància finita) en què el camp elèctric sigui nul.

Resultat: Certa: D/2
Certa

15. (PAU setembre 04) Una partícula de massa m , carregada elèctricament i lligada a l'extrem d'una corda, es manté en equilibri dins d'un camp elèctric horitzontal uniforme. Assignem els nombres: 1: la càrrega és positiva; 2: la càrrega és negativa; 3: el camp elèctric apunta cap a l'esquerra i 4: el camp elèctric apunta cap a la dreta. Tria, de les possibilitats següents, la que correspongui a la situació representada en la figura i justifica'n la resposta:



- 1 i 4
- 2 i 3
- 1 i 3
- 2 i 4

Resultat: c o d (les dues són vàlides)

16. (PAU juny 06) Un electró inicialment en repòs es deixa lliure en un punt de l'espai, en presència del camp elèctric creat per una càrrega puntual positiva.

- Quan l'electró es desplaça en el camp elèctric: a) Augmenta la seva energia potencial electrostàtica. b) Segueix el sentit de les línies de camp. c) Es mou en la direcció de potencial elèctric creixent.
- Quan l'electró es desplaça entre dos punts del camp que tenen una diferència de potencial de 1.000 V : a) La seva energia cinètica augmenta en 1.000 J . b) La seva energia cinètica augmenta en 1.000 eV . c) La seva energia mecànica augmenta en 1.000 eV .

Resultat: a.c), b.b)



2. Problemes

1. Calcula a quina distància haurien de situar-se un electró i un protó de manera que la seva força d'atracció elèctrica igualés al pes del protó.

Resultat: 0,12 m

2. Recordes la definició d'un mol? Quina càrrega té un mol d'electrons?

Resultat: 96.000 C

3. Compara numèricament la força gravitatòria amb la força elèctrica entre dos electrons.

4. Tenim tres objectes carregats idènticament situats segon la figura. La força que produeix A sobre B és de $3 \cdot 10^{-6}$ N.



- a. Quina força fa C sobre B?
b. Quina és la força resultant sobre B?
c. Quina és la càrrega de les tres partícules?

Resultat: $12 \cdot 10^{-6}$ N
 $9 \cdot 10^{-6}$ N
 $3,65 \cdot 10^{-8}$ C

5. (PAU setembre 03) Una càrrega puntual Q crea en un punt de l'espai un camp elèctric d'intensitat 10 N/C i un potencial elèctric de -3 V. Determina el valor i el signe de la càrrega.

Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Resultat: $-1 \cdot 10^{-10}$ C

6. (PAU juny 04) Una esfera conductora de radi 2 cm té una càrrega de $-3 \mu\text{C}$.

- a. Quant val el potencial elèctric creat per l'esfera en un punt que dista 3 cm del centre de l'esfera?
b. Quant val el camp elèctric creat per l'esfera en un punt que dista 1 cm del centre de l'esfera?

Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Resultat: $9 \cdot 10^5$ V
0 N/C

7. (PAU setembre 02) En cadascun dels vèrtexs d'un triangle equilàter de costat $l = \sqrt{3}$ m hi ha situada una càrrega elèctrica puntual $q = +10^{-4}$ C. Calcula el mòdul de la força total que actua sobre una de les càrregues a causa de la seva interacció amb les altres dues.

Dada: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

Resultat: 52 N

8. (PAU setembre 97) Dues càrregues elèctriques positives de $5 \mu\text{C}$ cadascuna estan situades sobre l'eix de les x, una a l'origen i l'altra a 10 cm de l'origen en el sentit positiu de l'eix.

Dada: $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

- a. Calculeu el camp elèctric, en mòdul, direcció i sentit, al punt $x = 2 \text{ cm}$ i també al punt $x = 15 \text{ cm}$
- b. En quin punt de l'eix el camp és nul

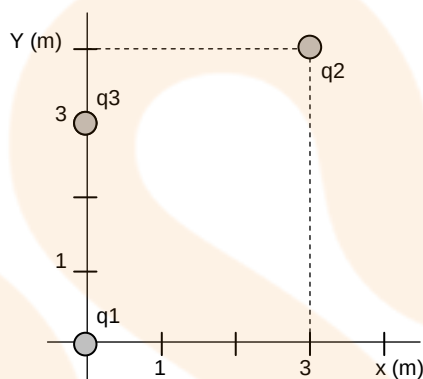
Resultat: $105,46 \cdot 10^6 \text{ N/C}$
 $20 \cdot 10^6 \text{ N/V}$
 5 cm

9. Dues càrregues iguals separades entre elles 4 cm es fan una força de 18 N .

- a. Quina serà la força que actuarà entre elles si les ajuntem fins a 2 cm ?
- b. I si les separem fins a 12 cm , quina serà la força aleshores?

Resultat: 72 N
 2 N

10. Calcula la força resultant que actua sobre la càrrega q_1 ($-40 \mu\text{C}$) produïda per les càrregues q_2 i q_3 (8 mC i -3 mC) situades com a la figura.

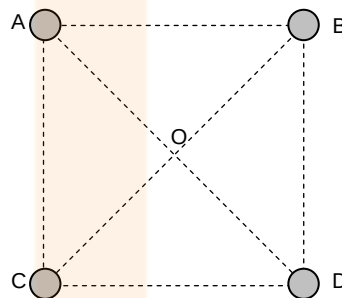


Resultat: $69,12 \text{ N i } -27,84 \text{ N j}$

11. (PAU setembre 98) Es col·loquen quatre càrregues en els vèrtexs d'un quadrat. Raona quina serà la direcció del camp elèctric en el centre del quadrat si:

- a. $Q_A = Q_B = -Q_C = -Q_D$
- b. $Q_A = Q_B = Q_C = Q_D$

(Q_A és positiu en tots dos casos)



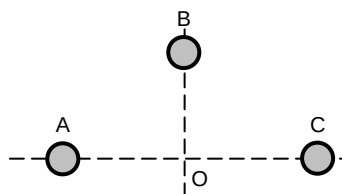
12. Una partícula de massa 10^{-11} kg i càrrega negativa de $-1 \cdot 10^{-13} \text{ C}$ es troba en equilibri en un camp elèctric vertical.

- a. Quin sentit té el camp elèctric?
- b. Quin és el seu mòdul?

Resultat: 980 N/C

13. (PAU juny 01) La posició relativa de tres càrregues elèctriques positives A, B i C és la representada a la figura. Si el mòdul del camp elèctric creat per cadascuna al punt O val: $E_A = 0,06 \text{ N/C}$; $E_B = 0,04 \text{ N/C}$; $E_C = 0,03 \text{ N/C}$. Quines seran les components del camp total creat a O? Quant valdrà el mòdul d'aquest camp?

Resultat: $E_x = 0,03 \text{ N/C}$; $E_y = -0,04 \text{ N/C}$
 $0,05 \text{ N/C}$



14. Dues càrregues de $2 \mu\text{C}$ i $-3 \mu\text{C}$ estan situades en els punts de coordenades $(1,0)$ i $(-1,0)$ respectivament. Si



les coordenades s'expressen en metres, calcula:

- El camp elèctric en l'origen de coordenades.
- El camp elèctric en el punt (0, 1).
- En quin punt de la recta de les abscisses el camp elèctric serà zero?

Resultat: $4,5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$
 $1,62 \cdot 10^4 \text{ N/C}$
 9,9 m

15. Dues càrregues de $20 \mu\text{C}$ i $-30 \mu\text{C}$ estan situades en els punts (3, 2) m i (-5, 4) m respectivament.

- Calcula la força que actua sobre la càrrega negativa, expressant el resultat vectorialment i en mòdul.

Resultat: $0,077 \text{ N i } -0,019 \text{ N j}$
 0,079 N

16. (PAU juny 06) Tres partícules carregades, $q_1 = -1 \mu\text{C}$, $q_2 = 3 \mu\text{C}$, $q_3 = -2 \mu\text{C}$, es troben sobre un pla en els punts de coordenades $P_1 = (0,0)$, $P_2 = (10,0)$ i $P_3 = (0,10)$, respectivament. Totes les coordenades s'expressen en m. Calcula:

- La força elèctrica que actua sobre q_1 .
- El potencial elèctric en el punt $P_4 = (0,5)$.
- La variació d'energia potencial elèctrica que experimenta un electró quan el desplaçem del punt $P_4 = (0,5)$ al punt $P_5 = (0,15)$.

Dades: $q_e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

Resultat: $(2,7 \cdot 10^{-4}, -1,79 \cdot 10^{-4}) \text{ N}$
 $-2,985,1 \text{ V}$
 $-4,53 \cdot 10^{-17} \text{ J}$

17. Al capdavant d'un pla inclinat 30° tenim una càrrega de 3 mC . A quina distància sobre la canal es mantindrà un segon objecte de 200 g de massa i $5 \mu\text{C}$ de càrrega. Considerem que no hi fricció de l'objecte amb el pla inclinat.

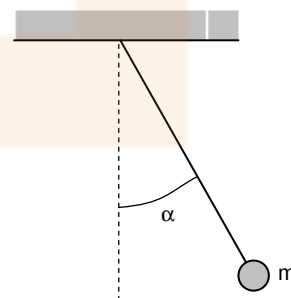
Resultat: 11,7 m

18. Dues esferes carregades amb $1 \mu\text{C}$ cadascuna pegen de dos fils de 40 cm lligats al mateix punt del sostre. Quina massa han de tenir les esferes si l'angle entre els dos fils és de 60° .

Resultat: $9,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

19. (PAU juny 99) Una petita esfera de massa $0,5 \text{ g}$ i càrrega elèctrica negativa $q = -3,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ penja d'un fil. Com que l'esfera està situada en una regió on hi ha un camp elèctric horitzontal d'intensitat $E = 800 \text{ N/C}$, el fil forma un angle α respecte a la vertical.

- Fes un esquema amb totes les forces que actuen sobre l'esfera. Raona quin ha de ser el sentit del camp elèctric.
- Quant val l'angle α ?
- Si es trenca el fil, quant valdran els components horitzontal i vertical de l'acceleració de l'esfera? Quina serà la velocitat de l'esfera 2 segons després de trencar-se el fil?



Resultat: 30°
 $5,76 \text{ i } -9,8 \text{ m/s}^2$; $23,08 \text{ m/s}$

20. (PAU juny 00) Dues càrregues elèctriques positives q_1 i q_2 estan separades per una distància d'1 m. Entre les dues hi ha un punt, situat a 55 cm de q_1 , on el camp elèctric és nul. Sabent que $q_1 = +7 \mu\text{C}$, quant valdrà q_2 ?

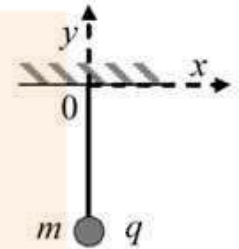
Resultat: 4,68 μC

21. (PAU juny 98) Dues partícules amb càrregues $+q$ i $-2q$ estan separades 1 m. En quin punt de la recta que passa per les dues càrregues el potencial elèctric és nul?

Resultat: 1/3 m

22. (PAU juny 08) Una esfera petita de massa 250 g i càrrega q penja verticalment d'un fil. Apliquem un camp elèctric constant de 10^3 N/C dirigit al sentit negatiu de l'eix d'abscisses i observem que la càrrega es desvia cap a la dreta i que queda en repòs quan el fil forma un angle de 37° amb la vertical.

- Dibuixeu l'esquema corresponent a les forces que actuen sobre la càrrega q en aquesta posició d'equilibri. Quin signe té la càrrega q ?
- Calculeu la tensió del fil.
- Determineu el valor de la càrrega q .



Resultat: $q < 0$
3,07 N
 $-1,85 \cdot 10^{-3}$ C

23. (PAU juny 01) En cadascun dels vèrtexs d'un quadrat de 2 m de costat hi ha una càrrega $Q = +5 \mu\text{C}$. Quant valdran el camp i el potencial elèctrics en el centre del quadrat?

Dada: $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

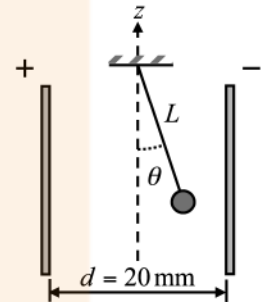
Resultat: 0 N/C
 $1,27 \cdot 10^5$ V

24. (PAU juny 10) Entre les armadures del condensador planoparal·lel de la figura apliquem una diferència de potencial de 200 V. A l'interior del condensador roman en equilibri una càrrega de $15 \mu\text{C}$, de 20 g de massa, penjada d'un fil, tal com indica la figura següent:

- Determineu el camp elèctric a l'interior del condensador. Indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.
- Dibuixeu les forces que actuen sobre la càrrega. Calculeu l'angle que forma el fil amb la vertical, θ , en la figura.

NOTA: L'eix z indica la vertical.

DADA: $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.



Resultat: 10.000 N/C horitzontal cap a la dreta
 $p=0,2$ N, $F_e=0,15$ N, $T=0,25$ N i $\theta=37,4^\circ$

25. Un protó es mou entre dos punts que tenen una diferència de potencial de 10.000 V. Si la velocitat del protó en el primer punt és de 10 m/s, quina velocitat tindrà en el segon punt?

Nota: has de consultar la càrrega i la massa del protó.

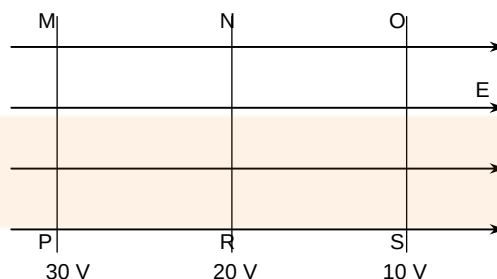
Resultat: $1,38 \cdot 10^6$ m/s

26. (PAU juny 03) Una esfera metàl·lica de 10 cm de radi es carrega amb una càrrega positiva de 10^{-5} C. A continuació es connecta a una altra esfera metàl·lica, de 20 cm de radi, inicialment descarregada, i seguidament es desconnecta d'ella. Calcula la càrrega de cada esfera a la situació final.

Resultat: 3,33 i 6,66 μC



27. (PAU setembre 98) Les línies MP, NR i OS de la figura representen superfícies equipotencials d'un camp elèctric uniforme de 1.000 N/C .



- a. Quin és el treball necessari per portar una càrrega de 2 mC des de O fins a R?
b. Quina és la distància entre P i S?

Resultat: $0,02 \text{ J}$
 $0,02 \text{ m}$

28. Entre dos punts d'un camp elèctric uniforme separats 3 cm hi ha una diferència de potencial de 100 V .

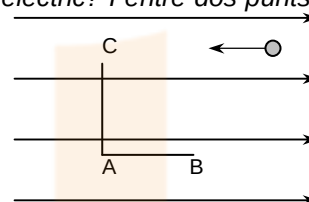
- a. Quin és el mòdul d'aquest camp?
b. Quina força exercirà sobre una partícula de $4 \mu\text{C}$ de càrrega?

Resultat: 3.333 N/C
 $0,0133 \text{ N}$

29. (PAU juny 99) En una regió de l'espai hi ha un camp elèctric uniforme de mòdul $E = 10^5 \text{ N/C}$ (veure la figura).

- a. Quina és la diferència de potencial entre dos punts A i B d'aquesta regió separats 2 cm si la direcció AB és paral·lela al camp elèctric? I entre dos punts A i C també separats 2 cm si la direcció AC és perpendicular al camp elèctric?

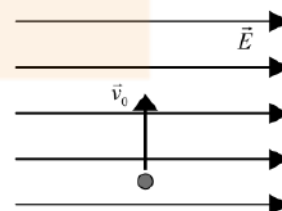
Un protó ($q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$), que en l'instant inicial té una velocitat $v_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$, es mou sobre una recta en la mateixa direcció del camp, però en sentit contrari.



- b. Quant val el treball efectuat per la força elèctrica sobre el protó des de l'instant inicial fins que la seva velocitat és nul·la?
c. Quina és la distància recorreguda pel protó en aquest mateix interval de temps?

Resultat: $2,1 \text{ V i } 0 \text{ V}$
 $-3,34 \cdot 10^{-17} \text{ J}$
 $2,087 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

30. (PAU juny 09) Un electró penetra en un camp elèctric uniforme de mòdul $E = 4,00 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ a una velocitat de mòdul $v_0 = 10^6 \text{ m/s}$, perpendicular a la direcció del camp, tal com mostra la figura. Calculeu el mòdul de l'acceleració que experimenta l'electró i indiqueu-ne la direcció i el sentit. Feu un dibuix de la trajectòria aproximada que seguirà l'electró. Justifiqueu quina serà l'equació de la gràfica que representa aquesta trajectòria i calculeu-la.



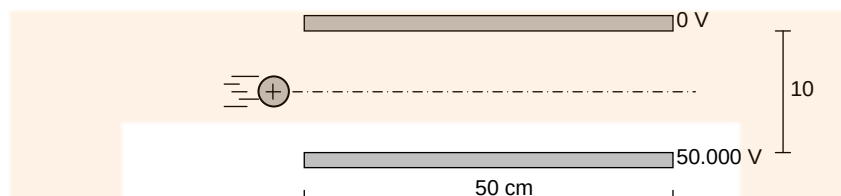
DADES: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Resultat: $7,03 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$

31. A l'àtom d'hidrogen, l'electró descriu al voltant del nucli una circumferència de radi $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Aplicant-hi el model de Rutherford, quina velocitat lineal té l'electró?

Resultat: $2,18 \cdot 10^6$ m/s

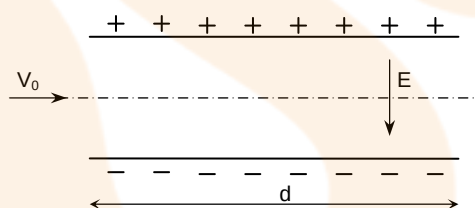
32. Llançem horitzontalment amb una velocitat de 10 m/s una bola de 100 g amb una càrrega de $5 \mu\text{C}$ positiva just pel mig d'un condensador format per dues plaques conductores separades 10 cm i amb una diferència de potencial entre elles de 50.000 V. Suposem que el camp elèctric entre les plaques és constant i fora d'elles és nul.



- Quin és el valor del camp dins del condensador?
- Quina és la força total que actua sobre la bola?
- Descriu la trajectòria que seguirà.
- Quant temps tardarà en travessar tot el condensador?
- Calcula el punt exacte per on sortirà del condensador o bé el punt on xocarà amb alguna placa.

Resultat: 500.000 N/C
 $1,5 \text{ N}$
 $0,05 \text{ s}$
 $1,875 \text{ cm}$

33. (PAU setembre 97) Un electró entra amb una velocitat v_0 en una zona de l'espai on hi ha un camp elèctric E vertical creat per les armadures d'un condensador. Un cop l'electró es troba a dins del condensador,

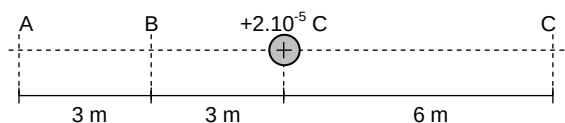


- Quines són les forces que actuen sobre l'electró i quines direccions i quins sentits tenen? Fes-ne una estimació i valora si té sentit negligir els efectes de la gravetat.
- Quin moviment descriurà l'electró? Escribeu l'equació de la seva trajectòria tot considerant com a origen de coordenades el punt A d'entrada al condensador.
- Quant de temps trigarà l'electró a sortir de l'espai interior del condensador? Quines seran les coordenades x i y del punt de sortida?

Dades: $E = 10 \text{ N/C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $v_0 = 8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; $d = 10 \text{ mm}$

Resultat: $1,6 \cdot 10^{-18} \text{ N}$
 $9 \cdot 10^{-30} \text{ N}$
 $r = 8 \cdot 10^5 \text{ m/s } t \hat{i} + 8,75 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2 t^2 \hat{j}$
 $0,01 \text{ m}, 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

34. Calcula el treball necessari per traslladar una càrrega de $3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ en els següents casos:



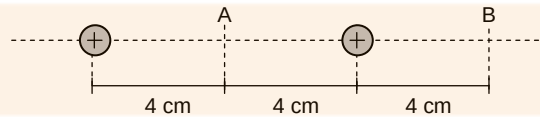
- Des d'A fins a B.
- Des d'A fins a C.



c. Des de B fins a A.

Resultat: 0,9 J
0 J
-0,9 J

35. Tenim dues càrregues de $6 \mu\text{C}$ separades 8 cm entre elles. Calcula el treball que hauré de fer per traslladar una càrrega de $3 \mu\text{C}$ des del punt A al punt B.



Resultat: -2,7 J

36. El potencial creat per una càrrega Q en un punt A és 300 V i la intensitat de camp en el mateix punt és 200 N/C. Quina és la distància des de la càrrega al punt A?

Resultat: 1,5 m

37. (PAU setembre 97) Dues càrregues elèctriques positives de 5 mC cadascuna estan situades sobre l'eix de les x, una a l'origen i l'altra a 10 cm de l'origen en el sentit positiu de l'eix.

Dada: $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

- a. Calcula el potencial elèctric, al punt $x = 5 \text{ cm}$ i també al punt $x = 15 \text{ cm}$
b. En quin punt de l'eix el camp és nul?

Resultat: $18 \cdot 10^8 \text{ V}$ i $12 \cdot 10^8 \text{ V}$
 $x = 5 \text{ cm}$

38. (PAU juny 02) El camp elèctric creat en un cert punt de l'espai per una càrrega elèctrica Q puntual i positiva val $E = 200 \text{ N/C}$. El potencial elèctric en aquest mateix punt és $V = 600 \text{ V}$. Deduïu el valor de la càrrega elèctrica Q.

Dada: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

Resultat: $0,2 \mu\text{C}$

39. (PAU juny 08) Dues càrregues puntuals de $+2 \mu\text{C}$ i $+20 \mu\text{C}$ es troben separades per una distància de 2 m.

- a. Calculeu el punt, situat entre les dues càrregues, en què el camp elèctric és nul.
b. Busqueu el potencial elèctric en un punt situat entre les dues càrregues i a 20 cm de la càrrega menor.
c. Determineu l'energia potencial elèctrica del sistema format per les dues càrregues.

DADES: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

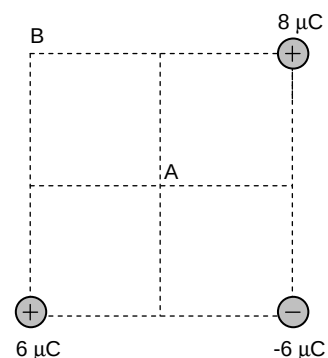
Resultat: 0,48 m
 $190 \cdot 10^3 \text{ V}$
0,18 J

40. Quina és l'energia despesa en separar dues càrregues elèctriques de $3 \mu\text{C}$ i $8 \mu\text{C}$ des d'una distància de 10 cm fins a l'infinit.

Resultat: 2,16 J

41. Tres càrregues són situades a tres dels vèrtexs d'un quadrat de 2 m de costat. Calcula:

- a. El vector camp elèctric en el punt A situat al centre del quadrat.

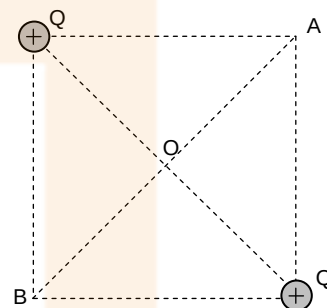


- b. El treball necessari per traslladar una càrrega de 6 C des de l'infinit fins al punt A.
c. El treball necessari per traslladar aquesta mateixa càrrega des d'A fins a B.

Resultat: 28.460 N/C
305.470 J
42.021 J

42. (PAU juny 02) En dos vèrtexs oposats d'un quadrat de 10 cm de costat hi ha dues càrregues iguals $Q = +1 \mu\text{C}$.

- a. Quant valen les components horitzontal i vertical del vector camp elèctric en els vèrtexs A i B? I en el centre del quadrat O?
b. Quin serà el potencial elèctric en els punts A i O?
c. Quin seria el treball necessari per portar una càrrega de prova $q = +0,2 \mu\text{C}$ des d'un punt molt llunyà fins al punt O? Quant valdria aquest treball si la càrrega de prova fos $q' = -0,2 \mu\text{C}$? Compareu ambdós resultats i comenteu quin és el significat físic de la diferència entre aquests.

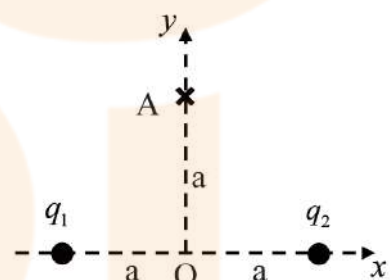


Dada: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

Resultat: $9 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ i 0 N/C
180 i 254 kV
0,0508 J

43. (PAU juny 10) Dues càrregues elèctriques puntuals idèntiques, de valor $q = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, estan fixes en els punts $(a, 0)$ i $(-a, 0)$, on $a = 30 \text{ nm}$. Calculeu:

- a. Les components del camp elèctric creat per les dues càrregues en el punt A, de coordenades $(0, a)$.
b. El treball necessari per a portar una càrrega $Q = 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ des del punt A fins a l'origen de coordenades. Interpreteu el signe del resultat.



DADES: $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Resultat: $(0, -1,13 \cdot 10^6) \text{ N/C}$
 $8,96 \cdot 10^{-21} \text{ J}$

44. (PAU juny 04) Tres càrregues elèctriques puntuals, positives, de 10^{-4} C cadascuna, estan situades als vèrtexs d'un triangle equilàter de m de costat. Calcula:

- a. El valor de la força electrostàtica que actua sobre cada càrrega per efecte de les altres dues.
b. El potencial elèctric en el punt mitjà d'un costat qualsevol del triangle.
c. L'energia potencial electrostàtica emmagatzemada en el sistema de càrregues.

Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Resultat: 52 N
 $2,7 \cdot 10^6 \text{ V}$
 $1,56 \cdot 10^2 \text{ J}$

45. (PAU setembre 06) Tres càrregues elèctriques puntuals i positives es troben situades als vèrtexs d'un triangle equilàter de costat 3 m. Dues d'aquestes tenen càrrega q i la tercera té càrrega 2 q, essent $q = 10^{-4} \text{ C}$. Calculeu:

- a. El potencial elèctric en el punt mitjà del costat en què es troben les dues càrregues més petites (punt P).
b. El camp elèctric en el mateix punt P.



- c. El treball que cal fer per traslladar la càrrega $2q$ des del vèrtex on es troba fins al punt P.

Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

Resultat: $3,28 \cdot 10^6 \text{ V}$
 $8 \cdot 10^5 (0, -1) \text{ N/C}$
 $2,1 \text{ J}$

46. (PAU juny 05) Considera dues càrregues idèntiques de valor $q = -3 \mu\text{C}$ situades als vèrtexs de la base d'un triangle equilàter de costat $r = 2 \text{ m}$. Determina:

- El camp elèctric creat per aquestes càrregues en el vèrtex superior del triangle.
- El treball necessari per portar una càrrega positiva d' $1 \mu\text{C}$ des de l'infinit fins al vèrtex superior del triangle.
- L'energia potencial d'una càrrega positiva d' $1 \mu\text{C}$ col·locada al vèrtex superior del triangle.

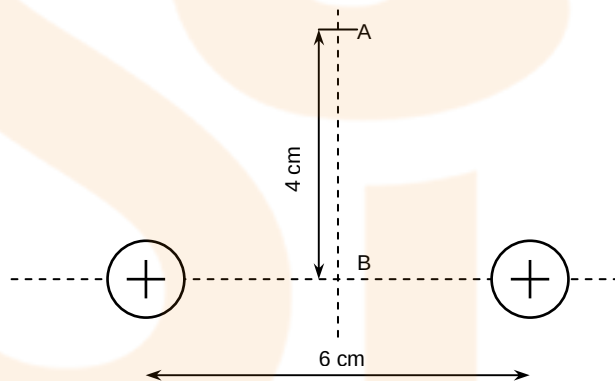
Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

Resultat: $(0, 11.691) \text{ N/C}$
 $-2,7 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 $-2,7 \cdot 10^{-2} \text{ J}$

47. Tenim dues càrregues positives de $6 \mu\text{C}$ cadascuna i separades entre elles 6 cm .

Nota: les dues càrregues i els punts A i B estan en un pla horitzontal.

- Calcula el camp elèctric al punt A
- Calcula el potencial elèctric en aquest mateix punt.
- Quin és el camp elèctric i el potencial elèctric al punt mig entre les dues càrregues (punt B)?
- Quina energia elèctrica tindrà una petita bola de 4 grams que té una càrrega negativa de $-5 \mu\text{C}$ situada al punt A?
- Quina serà la seva energia quan estigui a B?
- Si deixem anar aquesta bola des d'A, quina serà la seva velocitat quan passi per B?
- Amb quina velocitat hauríem de llençar aquesta mateixa bola des del punt B per tal que arribés just fins l'infinit?



48. (PAU juny 04) Considera dues càrregues iguals, cadascuna de valor $Q = 10^{-5} \text{ C}$, fixes en els punts $(0,2)$ i $(0,-2)$. Les distàncies es mesuren en m i la constant de Coulomb val $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

- Calcula el camp elèctric en el punt $(2,0)$. Determina la força elèctrica total que experimentaria una petita càrrega $q = 10^{-6} \text{ C}$ situada en aquest punt.
- Determina el treball elèctric que un agent extern ha hagut de fer sobre la càrrega q per portar-la des de l'infinit fins al punt $(2,0)$ sense modificar la seva energia cinètica.
- Suposa que la càrrega q té una massa de 3 g i es troba en repòs en el punt $(2,0)$. Calcula la velocitat amb què arriba al punt $(3,0)$.

Resultat: $1,59 \cdot 10^4 \text{ N/C}$
 $1,59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$
 $6,36 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 $3,02 \text{ m/s}$

49. (PAU setembre 08) Dues càrregues elèctriques puntuals de $+3 \mu\text{C}$ i $-7 \mu\text{C}$ es troben situades, respectivament, en els punts $(0, 3)$ i $(0, -5)$ d'un pla. Calculeu:
- El camp elèctric que creen aquestes càrregues en el punt $P(4, 0)$.
 - La diferència de potencial $V(O) - V(P)$, on O és el punt $(0, 0)$.
 - El treball que cal fer per a traslladar una càrrega de $+5 \mu\text{C}$ des del punt $O(0, 0)$ fins al $P(4, 0)$. Interpreteu el signe del resultat.

NOTA: Les coordenades dels punts s'expressen en metres.

DADES: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.

Resultat: $E_x = -97 \text{ N/C}$, $E_y = -1,849 \text{ N/C}$
 844 V
 $4,22 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

50. (PAU reserva 04) Una càrrega elèctrica puntual $Q = +2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ està fixa en el punt A, de coordenades $(-4, 0)$. Una segona càrrega idèntica a l'anterior està fixa en el punt B, de coordenades $(4, 0)$. Les distàncies estan donades en m. Dada: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. Determina:

- El mòdul, la direcció i el sentit del camp elèctric a l'origen de coordenades $(0, 0)$ i en el punt P, de coordenades $(0, 3)$.
- El potencial elèctric en aquests mateixos punts.
- Suposa que una càrrega positiva q es mou des de P fins a O seguint l'eix y. Analitza com es modifica la velocitat de q (augmenta, disminueix o es manté constant) a causa de la interacció amb les càrregues fixes. Raona la resposta.

Resultat: $8,64 \text{ N/C}$
 90 V i 72 V
disminueix

51. (PAU juny 09) Un dipol elèctric és un sistema constituït per dues càrregues del mateix valor i de signe contrari, separades per una distància fixa. Sabem que la càrrega positiva d'un dipol està situada en el punt $(0, 0)$, que la negativa és en el punt $(3, 0)$ i que el valor absolut de cada una de les càrregues és 10^{-4} C . Calculeu:

- El potencial elèctric creat pel dipol en el punt $(0, 4)$.
- L'acceleració que experimenta un protó situat en el punt mitjà del segment que uneix les dues càrregues del dipol, si el deixem inicialment en repòs en aquest punt.
- L'energia necessària per a separar les càrregues del dipol fins a una distància doble de la inicial.

NOTA: Les coordenades s'expressen en metres.

DADES: $q_{\text{protó}} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_{\text{protó}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Resultat: $45 \cdot 10^3 \text{ V}$
 $7,67 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$
 15 J

52. (PAU setembre 09) Tenim dues càrregues elèctriques de valors $q_1 = +10^{-3} \text{ C}$, $q_2 = -10^{-4} \text{ C}$, situades en els punts $(0, 3)$ i $(-3, 0)$, respectivament. Determineu:

- Les components del camp elèctric en el punt $(0, 0)$.
- L'energia potencial electrostàtica del sistema.
- El treball que cal fer per a traslladar una càrrega $Q = +10^{-4} \text{ C}$ des de l'infinít fins al punt $(0, -3)$. Interpreteu el signe del resultat obtingut.

NOTA: Les coordenades dels punts s'expressen en metres.

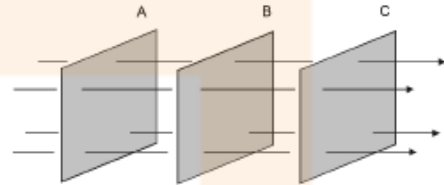


DADES: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Resultat: -10^6 N/C i -10^5 N/C
 -212 J
 129 J

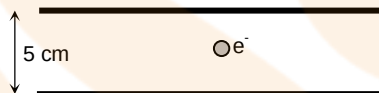
53. (PAU reserva 04) Tenim tres superfícies equipotencials, A, B i C, planes i paral·leles, en el si d'un camp elèctric uniforme representat per les línies de força (o línies de camp) de la figura. Els potencials de les superfícies són de 60 V, 40 V i 80 V.

- Indica de forma raonada a quina superfície correspon cadascun d'aquests valors.
- Si la distància entre dues superfícies equipotencials consecutives és de 5 cm, determina el valor del camp.



Resultat: $A = 80 \text{ V}$, $B = 60 \text{ V}$ i $C = 40 \text{ V}$
 400 V/m

54. (PAU setembre 00) Al laboratori tenim dues plaques metàl·liques de gran superfície col·locades en forma horitzontal i paral·leles. Les plaques estan separades 5 cm i tenen càrregues iguals però de signe contrari. El camp elèctric a l'espai entre les plaques es pot suposar constant. Si en col·locar un electró ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) al centre, aquest resta en repòs:



- Dibuixa les forces que actuen sobre l'electró i indica'n l'origen. Raona quin serà el signe de la càrrega elèctrica de la placa superior.
- Quant val el camp elèctric en el punt on està situat l'electró? Fes un dibuix i indica'n la direcció i el sentit del camp elèctric.
- Quina és la diferència de potencial elèctric entre les plaques?

Resultat: Positiu
 $5,57 \cdot 10^{-11} \text{ N/C}$ vertical i cap avall
 $2,78 \cdot 10^{-12} \text{ V}$

55. (PAU setembre 05) Un condensador pla té les plaques metàl·liques verticals i separades 2 mm. En el seu interior hi ha un camp elèctric constant, dirigit cap a l'esquerra, de valor 105 N/C.

- Calcula la diferència de potencial entre les plaques del condensador. Fes un esquema del condensador i indica quina placa és la positiva i quina la negativa.
- Calcula la diferència de potencial entre dos punts A i B de l'interior del condensador separats 0,5 mm i col·locats de manera que el segment AB és perpendicular al camp elèctric.

Justifica la resposta.

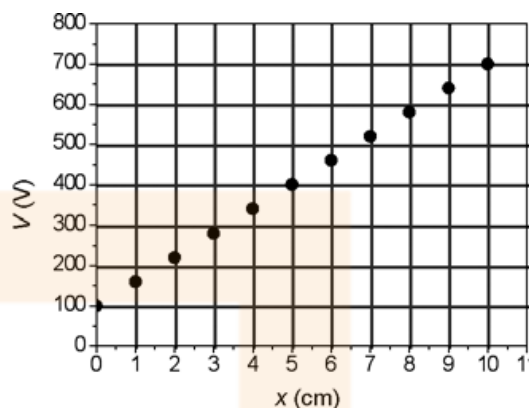
- Considera un electró a la regió entre les dues plaques del condensador. Si el deixem anar des del repòs molt a prop de la placa negativa, determina amb quina energia cinètica arriba a la placa positiva. Els efectes gravitatoris es poden considerar negligibles.

Dades: càrrega de l'electró $q_e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, massa de l'electró $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Resultat: 200 V
 0 V
 $3,2 \cdot 10^{-17} \text{ J}$

56. (PAU setembre 09) En la gràfica següent es representa el potencial elèctric que hi ha a l'interior d'un condensador planoparal·lel, en què la x indica la distància a una de les armadures del condensador. La distància entre les armadures és de 10 cm. Determineu:

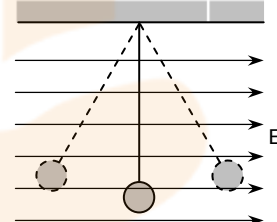
- La diferència de potencial entre les armadures.
- L'equació de la recta que ajusta els punts de la gràfica i la intensitat del camp elèctric a l'interior del condensador.



Resultat: 600V
 $V = 600x + 100$ i 6.000 N/C

57. (PAU setembre 00) Una bola metàl·lica de 100 g de massa amb una càrrega elèctrica de $-5 \mu\text{C}$ penja verticalment d'un fil de seda subjectat al sostre. Quan li apliquem un camp elèctric uniforme i horitzontal de mòdul $E = 2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ i sentit com a la figura, la bola es desvia de la vertical fins a assolir una nova posició d'equilibri. En aquesta situació,

- Quina de les dues posicions representades amb línia de punts a la figura serà la d'equilibri? Fes un esquema de les forces que actuen sobre la bola.
- Determina l'angle que forma el fil amb la vertical.
- Calcula la tensió del fil en la posició d'equilibri.



Resultat: L'esquerra
45,58°
1,4 N

58. (PAU juny 10) Un dispositiu per a accelerar ions està constituït per un tub de 20 cm de llargària dins del qual hi ha un camp elèctric constant en la direcció axial. La diferència de potencial entre els extrems del tub és de 50 kV. Volem accelerar ions K^+ amb aquest dispositiu. Calculeu:

- La intensitat, la direcció i el sentit del camp elèctric dins de l'accelerador i el mòdul, la direcció i el sentit de la força que actua sobre un ió quan és dins del tub.
- L'energia cinètica que guanya l'ió quan travessa l'accelerador. La velocitat que tindrà l'ió a la sortida del tub accelerador, si inicialment estava parat. Indiqueu si, en aquest cas, cal considerar o no la variació relativista de la massa.

DADES: $m_{\text{ió}} \text{K}^+ = 6,5 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; $q_{\text{ió}} \text{K}^+ = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Resultat: $2,5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
 $8,0 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ // $5,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ // No cal

59. (PAU juny 02) Una partícula de massa $m = 3 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ té una càrrega elèctrica negativa $q = -8 \mu\text{C}$. La partícula es troba en repòs a prop de la superfície de la Terra i està sotmesa a l'acció d'un camp elèctric uniforme $E = 5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$, vertical i dirigit cap al terra. Suposant negligibles els efectes del fregament, trobeu:

- La força resultant (en mòdul, direcció i sentit) que actua sobre la partícula.
- El desplaçament efectuat per la partícula durant els primers 2 segons de moviment. Quin serà l'increment de l'energia cinètica de la partícula en aquest desplaçament?



- c. Si la partícula es desplaça des de la posició inicial fins a un punt situat 30 cm més amunt, quant haurà variat la seva energia potencial gravitatòria? I la seva energia potencial elèctrica?

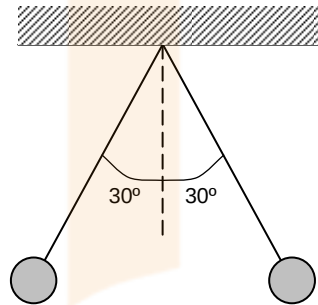
Resultat: 0,11 N vertical cap amunt
7,1 m i 0,75 J
 $8,8 \cdot 10^{-2}$ J i -0,12 J

60. (PAU juny 03) Dues esferes puntuals de 20 g de massa cadascuna estan carregades amb la mateixa càrrega elèctrica positiva. Les esferes estan situades als extrems de dos fils d'1 m de longitud, tal com es veu a la figura. En la posició d'equilibri cada fil forma un angle de 30° amb la vertical.

- Calcula la tensió dels fils en la posició d'equilibri.
- Calcula la càrrega de cada esfera.
- Calcula el camp elèctric (mòdul, direcció i sentit) que s'hauria d'aplicar a l'esfera de l'esquerra per mantenir-la en la mateixa posició d'equilibri si no existís l'esfera de la dreta.

Dades: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Resultat: 0,23 N
3,57 μC
32.130 N/C

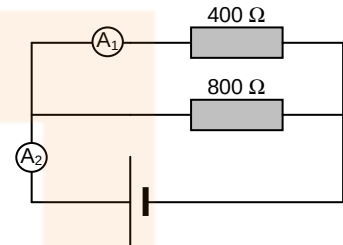


3. Electrocínètica

1. (OIF febrer 01) Si a l'amperímetre A_2 de la figura es llegeix 60 mA, quina serà la lectura de l'amperímetre A_1 ?

a. 20 mA
b. 30 mA
c. 40 mA
d. 50 mA

Resultat: c

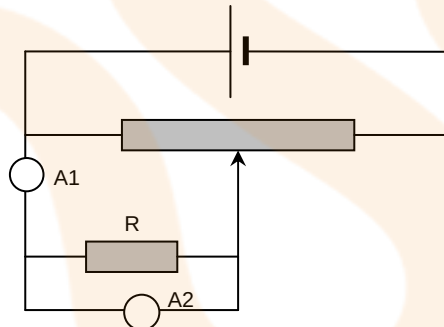


2. Un corrent de 0,25 A circula per una làmpada d'incandescència. Calcula:

a. Quina càrrega elèctrica passa a través d'ella en dues hores de funcionament.
b. Quants electrons hauran circulat durant aquest temps?

Resultat: 1.800 C
 $1,125 \cdot 10^{22} e^-$

3. (PAU juny 01) Per mesurar la resistència d'un element R s'ha fet el muntatge de la figura i els resultats obtinguts són els de la taula adjunta.



I (mA)	V (V)
7,5	0,49
15	0,99
22,5	1,48
30	2,01
36	2,41
47,5	3,12
52	3,39

a. Dels aparells A_1 i A_2 , quin serà el voltímetre i quin l'amperímetre? Per què?
b. Quant val la resistència de R ?

Resultat: A_1 amperímetre
 A_2 voltímetre
66 Ω

4. (PAU) Un generador de fem $\varepsilon = 12$ V es connecta a un circuit. Si quan hi circula una intensitat de 10 A la tensió entre el borns del generador és d'11,2 V, quina és la resistència interna del generador?

Resultat: 0,08 Ω

5. (PAU setembre 00) Raona si la diferència de potencial en borns d'una pila és més gran o més petita que la seva f.e.m. Quina característica ha de tenir la pila perquè siguin iguals?

Resultat: Més petita
 $r_{\text{int}} = 0$

6. (PAU juny 02) Dues bombetes iguals es connecten en paral·lel a un generador de corrent continu. Si una de les bombetes es fon, raoneu si l'altra lluirà més, menys o igual que abans. Què hauria passat si les bombetes haguessin estat connectades en sèrie i una s'hagués fos?

Resultat: Igual
no lluirà



7. Disposem de tres resistències de $24\ \Omega$ cadascuna. Calcula la resistència equivalent si s'associen de totes les maneres possibles.

Resultat: $72, 36, 16$ i $8\ \Omega$

8. (PAU setembre 98) Raona si és vertadera o falsa l'afirmació següent: si dues bombetes de 110 V i 75 W es connecten en sèrie i el conjunt s'alimenta d'un generador de 220 V , la potència lluminosa és la mateixa que amb una bombeta de 220 V i 150 W connectada al mateix generador (suposa el mateix rendiment lluminós per a totes les bombetes).

Resultat: Vertader

9. (PAU setembre 98) Tenim dues bombetes amb les característiques de voltatge i potència següents: l'una amb 110 V i 75 W , i l'altra amb 220 V i 150 W .

- a. Quina tindrà una resistència més gran?
b. Per quina passarà més intensitat, suposant que cada una es connecti al voltatge adequat?

Resultat: La de 220 V
Igual

10. (PAU setembre 98) Quina magnitud física té com a unitat el $\text{kW}\cdot\text{h}$? Calcula el factor de conversió entre el $\text{kW}\cdot\text{h}$ i la seva unitat corresponent en el SI.

Resultat: $1\text{ kW}\cdot\text{h} = 3,6\cdot 10^6\text{ J}$

11. Tenim una bombeta de 125 V i 60 W . Quina resistència li haurem de posar en sèrie per poder connectar-la a la xarxa de 220 V ?

Resultat: $198\ \Omega$

12. (PAU juny 01) Tenim dues bombetes amb les indicacions següents: 60 W ; 220 V ; 60 W ; 120 V . Quants $\text{kW}\cdot\text{h}$ consumeix cada bombeta en 30 minuts? Quina té una resistència més gran? Justifica les respostes.

13. Si escurem la resistència d'una estufa elèctrica, desprendreà més o menys calor que abans?

Resultat: Més

14. (PAU setembre 01) Una resistència de $5,0\ \Omega$ pot ser travessada per un corrent màxim de 20 mA si no volem que es faci malbé. Si li està arribant un corrent d' 1 A , com haurem de connectar-li (en sèrie o en paral·lel) una segona resistència per tal que passin 20 mA a través seu? Raona la resposta. Quin valor ha de tenir aquesta segona resistència?

Resultat: En paral·lel
 $0,1\ \Omega$

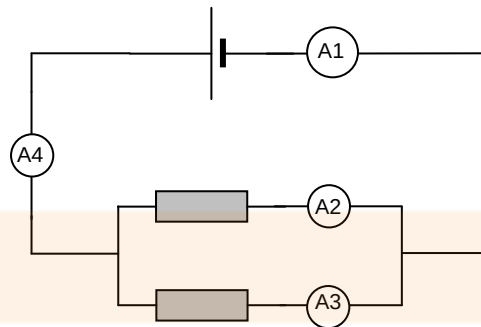
15. Unim tres resistències de $10\ \Omega$ formant un triangle. Entre dos vèrtexs d'aquest triangle establim una diferència de potencial de 20 V . Quina intensitat circularà per cada resistència?

Resultat: 2 A i 1 A

16. (PAU setembre 01) El transport de corrent des de les centrals elèctriques fins als centres de consum es fa a voltatges elevats. Per què?

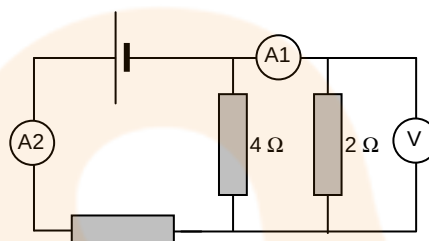
Resultat: Per reduir pèrdues per efecte Joule

17. En el circuit de la figura l'amperímetre $A1$ senyala 100 mA , i l' $A3$, 15 mA . Què senyalaran els altres amperímetres?



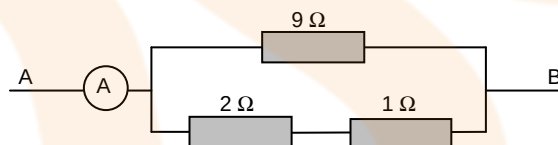
Resultat: 0,085 A
0,1 A

18. El voltímetre del circuit següent senyala 2,5 V. Què indiquen els amperímetres?



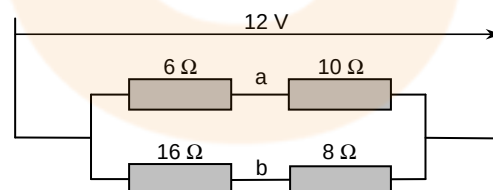
Resultat: 1,25 A
1,875 A

19. L'amperímetre del circuit de la figura indica 1,5 mA. Calcula la diferència de potencial entre els punts A i B.



Resultat: 3,375 mV

20. (PAU juny 97) En el circuit de corrent continu de la figura,

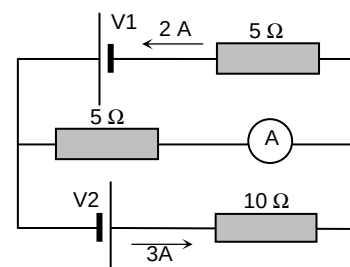


- Calcula la intensitat que circula per cada branca.
- Calcula la diferència de potencial entre els punts a i b ($V_a - V_b$).
- Si volem substituir les quatre resistències per una de sola, quant hauria de valer aquesta?

Resultat: 0,75 i 0,5 A
3,5 V
9,6 Ω

21. (PAU juny 97) En el circuit de la figura, si les resistències internes de les piles estan incloses a les resistències de cada branca, calcula:

- El valor que marca l'amperímetre A.
- Els valors de V1 i V2.
- L'energia (en kW.h) que es dissiparà en forma de calor a la resistència de 10 ohms durant 30

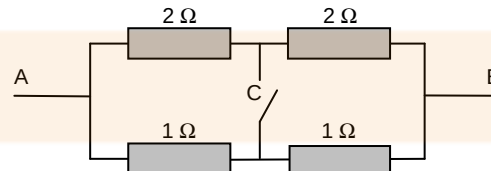




minuts.

Resultat: 1 A
5 i 35 V
0,045 kW.h

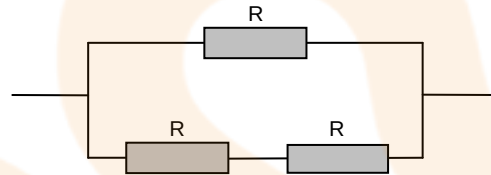
22. (PAU setembre 97) Calcula la resistència elèctrica equivalent entre A i B,



- a. Amb l'interruptor C connectat.
b. Amb l'interruptor C desconnectat.

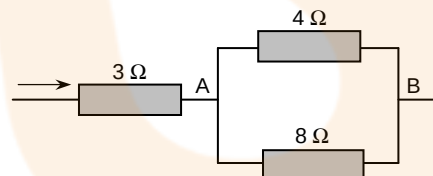
Resultat: 1,33 Ω
1,33 Ω

23. (PAU juny 00) Sabent que les tres resistències del diagrama són iguals i que la resistència del conjunt és de 8 Ω, quin serà el valor de cadascuna de les resistències?



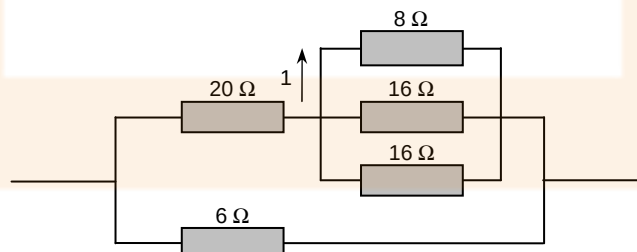
Resultat: 12 Ω

24. (PAU juny 98) Tres resistències estan agrupades tal com s'indica en la figura adjunta. Si la diferència de potencial entre A i B és de 40 V, quina intensitat circula per cadascuna de les resistències?



Resultat: 15, 10 i 5 A

25. (PAU setembre 98) En el circuit de la figura, la intensitat que circula per la resistència de 8 Ω és d'1 A.

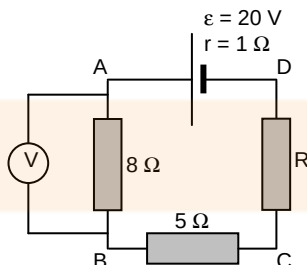


- a. Quina intensitat circularà per cadascuna de les resistències de 16 Ω?
b. Quina potència es dissiparà per efecte Joule en la resistència de 20 Ω?
c. Quina intensitat circularà per la resistència de 6 Ω?

Resultat: 0,5 A
80 W
8 A

26. (PAU juny 99) Si la intensitat que circula per la resistència de $5\ \Omega$ val $1,25\ \text{A}$,

a. Què marcarà el voltímetre de la figura?



b. Quin és el valor de la resistència R entre C i D ?

c. Calcula l'energia despesa per la resistència de $5\ \Omega$ en 1 hora i l'energia subministrada pel generador en aquest mateix temps.

Resultat: $10\ \text{V}$
 $2\ \Omega$
 28.125 i $90.000\ \text{J}$

27. (PAU juny 98) La central tèrmica del Besòs genera, a ple rendiment, una potència útil de $5 \cdot 10^8\ \text{W}$.

a. Si el rendiment de la central és del 30%, quanta energia consumeix la central en dues hores? Expressa el resultat en unitats del SI i en $\text{kW}\cdot\text{h}$.

b. Quantes bombetes de $60\ \text{W}$ i $220\ \text{V}$ podrien funcionar simultàniament amb l'energia produïda per aquesta central? Quina és la resistència elèctrica d'aquestes bombetes en funcionament?

c. Quant costa l'energia útil que produeix la central en un dia si el $\text{kW}\cdot\text{h}$ es paga a quinze pessetes?

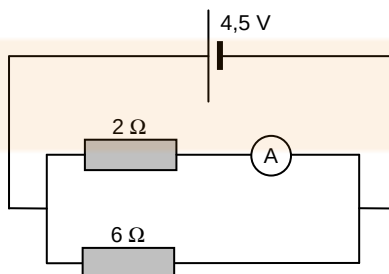
Resultat: $1,19 \cdot 10^{13}\ \text{J}$
 $3,33 \cdot 10^6\ \text{kW}\cdot\text{h}$
 $8,33 \cdot 10^6$ bombetes i $806,6\ \Omega$
 $180 \cdot 10^6$ ptes

28. Un corrent altern de tensió eficaç $25\ \text{V}$ proporciona a una resistència elèctrica una potència de $100\ \text{W}$.

a. Quina intensitat eficaç circula per la resistència?

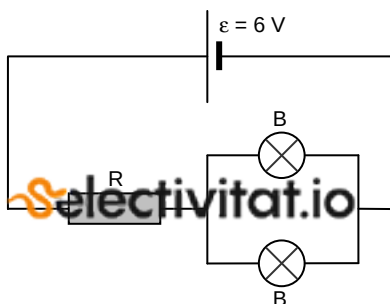
b. Quanta energia s'ha donat a la resistència en 30 minuts? (Expressa el resultat en J i en $\text{kW}\cdot\text{h}$)

29. Calcula la resistència interna del generador del circuit representat sabent que l'amperímetre indica $550\ \text{mA}$.



Resultat: $4,66\ \Omega$

30. (PAU setembre 03) Dues bombetes B iguals, de tensió nominal $3\ \text{V}$ i resistència $20\ \Omega$,

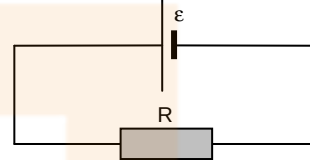




es connecten en paral·lel a una font de tensió de 6 V i resistència interna negligible. A fi que les bombetes funcionin a la seva tensió nominal, es connecta al circuit una resistència R en sèrie, tal com es veu a la figura. Quin ha de ser el valor de R ?

Resultat: $10\ \Omega$

31. (PAU setembre 99) En un circuit com el de la figura realitzem una experiència que consisteix a anar modificant el valor de la resistència R i mesurar la diferència de potencial entre els seus extrems (ΔV) i la intensitat dels corrent (I) que la travessa. Per dur-la a terme disposem d'un generador de corrent continu de fem $\varepsilon = 1,5\text{ V}$, d'un conjunt de resistències iguals de valor R_0 , d'un voltímetre i d'un amperímetre. Els resultats que obtenim en l'experiència són els que s'exposen en la taula següent:

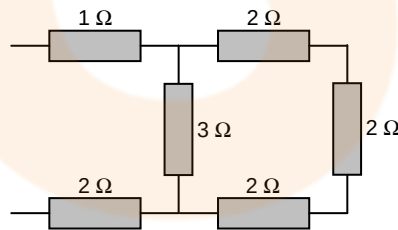


	R_0	$2R_0$	$3R_0$	$4R_0$	$5R_0$
$\Delta V\text{ (V)}$	1,45	1,48	1,45	1,49	1,49
$I\text{ (A)}$	$4,85 \cdot 10^{-1}$	$2,46 \cdot 10^{-1}$	$1,64 \cdot 10^{-1}$	$1,24 \cdot 10^{-1}$	$9,9 \cdot 10^{-2}$

- Fes un esquema indicant com col·locaries en el circuit el voltímetre i l'amperímetre. Com ha de ser la resistència interna de cadascun d'aquests aparells?
- Segons aquesta experiència, quin seria el valor de R_0 i quin marge d'error assignaríeu a aquest valor?
- Quina de les mesures de la intensitat té una incertesa relativa més gran? Per què els valors de ΔV són lleugerament inferiors a la fem del generador?

Resultat: $2,992\ \Omega$

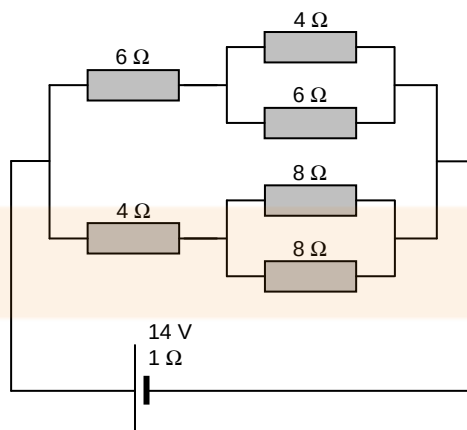
32. Troba la resistència equivalent a l'associació de resistències representada en aquest dibuix.



Resultat: $5\ \Omega$

33. Per a cada resistència del circuit calcula:

- La diferència de potencial aplicada.
- La intensitat que hi circula.

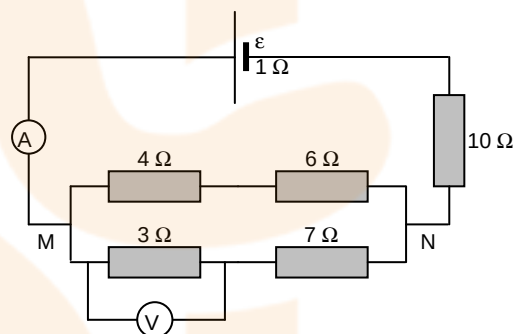


Resultat: 8,04; 3,22; 3,22; 5,6; 5,6 i 5,6 V
1,34; 0,8; 0,54; 1,4; 0,7 i 0,7 A

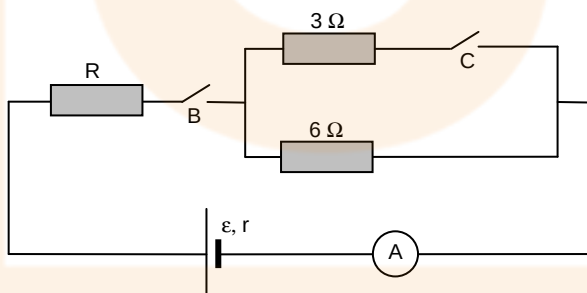
34. (PAU setembre 99) L'amperímetre del circuit representat en la figura marca 0,2 A. Troba:

- La resistència equivalent entre M i N i la fem ε del generador.
- La intensitat per a cadascuna de les dues branques entre M i N i la indicació del voltímetre.
- L'energia subministrada pel generador en 10 minuts i la potència despesa en la resistència de 6 Ω

Resultat: 5 Ω i 3,2 V
0,1 A; 0,1 A i 0,3 V
384 J i 0,06 W



35. (PAU juny 00) En el circuit de la figura, quan l'interruptor B està tancat i el C està obert, l'amperímetre A marca 0,375 A. Sabent que $\varepsilon = 4,5$ V i $r = 1$ Ω ,

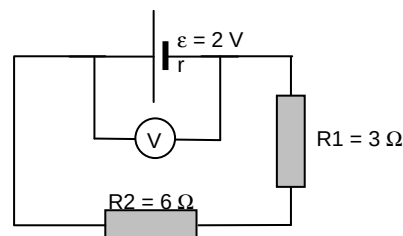


- Quin és el valor de la resistència R?
- Quina és la potència dissipada en forma de calor dins el generador?
- Què marcarà l'amperímetre si mantenim tancats simultàniament els dos interruptors B i C?

Resultat: 5 Ω
0,14 W
0,5625 A

36. (PAU setembre 02) Sabent que el voltímetre del circuit representat a la figura marca V = 1,8 V, es demana:

- La intensitat pel circuit i la resistència interna r del generador.



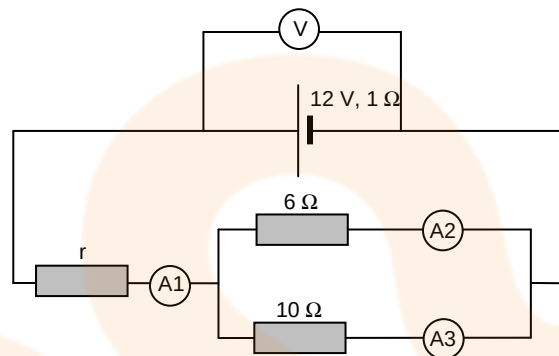


- b. La potència útil del generador i la diferència de potencial entre els extrems de la resistència R_1 .
- c. L'energia alliberada en forma de calor en tot el circuit durant un interval de temps de 20 minuts.

Resultat: 0,2 A i 1 Ω
0,36 W i 0,6 V
480 J

37. (PAU juny 03) Al circuit de la figura, l'amperímetre A_2 marca una intensitat de 0,25 A. Calcula:

- a. La intensitat mesurada pels amperímetres A_1 i A_3 .
- b. La caiguda de tensió mesurada pel voltímetre V.
- c. El valor de la resistència r .

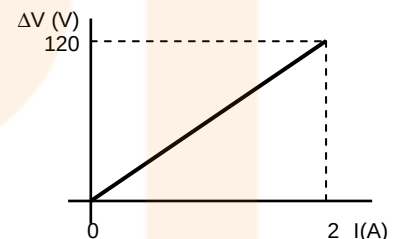


Resultat: 0,4 A i 0,15 A
11,6 V
25,25 Ω

38. (PAU setembre 00) Una bateria de f.e.m. $\varepsilon = 12$ V i resistència interna $r = 1$ Ω es connecta en sèrie amb una resistència $R = 20$ Ω i amb un motor de resistència interna negligible i f.c.e.m. $\varepsilon' = 4$ V. Quant valdrà la diferència de potencial entre els extrems de la resistència R?

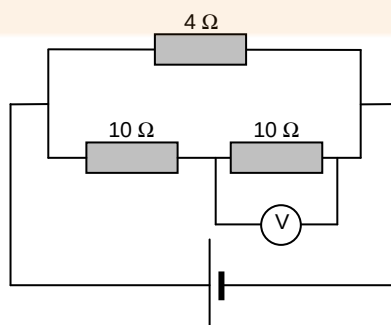
Resultat: 7,61 V

39. (PAU juny 02) La figura representa la gràfica «diferència de potencial - intensitat» en una resistència R connectada a un generador de corrent continu. Quanta energia emetrà la resistència R en forma de calor si se li aplica una diferència de potencial de 200 V durant 15 minuts?



Resultat: $6 \cdot 10^5$ J

40. (PAU juny 03) Determina la lectura del voltímetre V, al circuit de la figura, sabent que a la resistència de 4 Ω es dissipen 240 J cada minut.







Gravitació

1. Dades

$G = \text{Constant de gravitació universal} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Cos	Massa (kg)	Radi (km)
Terra	$6 \cdot 10^{24}$	6.400
Lluna	$7,4 \cdot 10^{22}$	1.740
Sol	$2 \cdot 10^{30}$	695.000
Venus	$4,8 \cdot 10^{24}$	6.310

Distàncies (km)	
Terra – Sol	150.000.000
Terra – Lluna	384.000



2. Conceptes

1. (PAU) Raona si és certa l'afirmació següent: "No cal fer cap treball per moure un objecte de massa m sobre una superfície equipotencial".
2. (PAU juny 97) Un astronauta dins d'un satèl·lit en òrbita al voltant de la Terra a 250 km nota que no pesa. Això succeeix perquè és negligible la gravetat a aquesta alçada o per alguna altra raó? Explica-ho.
3. (PAU juny 98) Si el radi de la Terra quedés reduït a la meitat però es mantingués la seva massa, quina seria la intensitat del camp gravitatori sobre la nova superfície terrestre? Es modificarien les òrbites dels satèl·lits que giren al voltant de la Terra? Raona la resposta.
4. (PAU setembre 97) Per què no podria haver-hi òrbites tancades si la força gravitatòria fos repulsiva?
5. (PAU juny 04) Dos satèl·lits A i B tenen la mateixa massa i giren al voltant de la Terra en òrbites circulars, de manera que el radi de l'òrbita d'A és més gran que el radi de l'òrbita de B.
 - a. Quin dels dos satèl·lits té més energia cinètica?
 - b. Quin dels dos satèl·lits té més energia mecànica?

Resultat: $E_{cA} < E_{cB}$
 $E_{mA} > E_{mB}$
6. (PAU juny 04) Dos satèl·lits que tenen la mateixa massa descriuen òrbites circulars al voltant d'un planeta. Les òrbites tenen radis a i b , amb $a < b$. Raona quin dels dos satèl·lits té més energia cinètica.

Resultat: $E_{ca} > E_{cb}$
7. (PAU juny 08) Quina de les expressions següents dóna l'energia amb què cal llançar un cos des de la superfície terrestre perquè escapi del camp gravitatori?
 - a. mg_0R_T
 - b. $mg_0R_T^2$
 - c. mg_0/R_T

Resultat: a
8. (PAU juny 08) Si la intensitat gravitatòria en un punt exterior a la Terra val $g_0/16$, es pot assegurar que aquest punt es troba a una distància de
 - a. $4R_T$ de la superfície terrestre.
 - b. $16R_T$ del centre de la Terra.
 - c. Cap de les respostes anteriors no és correcta.

NOTA: g_0 representa l'acceleració de la gravetat a la superfície terrestre, i R_T representa el radi de la Terra.

Resultat: C
9. (PAU juny 09) Els cometes descriuen òrbites el·líptiques molt allargades al voltant del Sol, de manera que la distància del cometa al Sol varia molt. En quina posició respecte al Sol el cometa va a una velocitat més gran? I en quina va a una velocitat més petita? Justifiqueu les respostes utilitzant arguments basats en l'energia.

Resultat: Mínima i màxima distància

10. (PAU juny 09) Suposem que la distància entre la Terra i el Sol es reduís a la meitat.
- a. La força d'atracció entre el Sol i la Terra seria a) el doble. b) la meitat. c) quatre vegades més gran.
 - b. La durada de l'any terrestre a) disminuiria. b) augmentaria. c) seria la mateixa.

Resultat: a.c
b.a





3. Problemes

1. Quina és l'acceleració de la gravetat a la superfície del Sol? I a Venus? Consulta la taula de dades del sistema solar.

Resultat: $273,4 \text{ m/s}^2$
 $8,09 \text{ m/s}^2$

2. Quant pesa una persona de 90 kg al cim de l'Everest (8.840 m)?

Resultat: 876,92 N

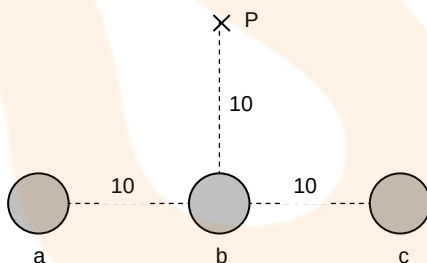
3. Calcula l'atracció gravitatòria entre els dos protons de la molècula d'hidrogen si estan separats $0,74 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. La massa del protó és $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Resultat: $3,39 \cdot 10^{-44} \text{ N}$

4. Dues partícules alfa, nuclis d'heli, estan separades a una distància de $1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Calcula la força electrostàtica amb que es rebutgen, la força gravitatòria amb que s'atrauen i compara-les.

Resultat: $9,22 \cdot 10^{-10} \text{ N}$
 $2,98 \cdot 10^{-45} \text{ N}$

5. Tres masses de 1.000 kg cadascuna estan situades en els punts a, b i c (alineats). Calcula quin és el camp gravitatori que crea el conjunt de les tres masses en el punt P. Realitza el càlcul vectorial i després calcula'n el mòdul i la direcció.



Resultat: $1,14 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2$

6. Un astronauta que a la Terra pesa 700 Newtons, arriba al planeta Venus i es pesa a la seva superfície. Descomptant el pes de l'equip i accessoris resulta que el seu pes és de 600 Newtons. Si considerem que el diàmetre de Venus és gairebé igual al de la Terra, calcula la massa del planeta Venus.

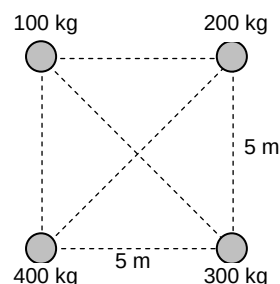
Resultat: $5,14 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

7. (PAU juny 06) Un hipotètic planeta té la mateixa massa que la Terra i un radi doble.

- a. Quant val la gravetat a la superfície d'aquest planeta?
b. Si traslladem al planeta un rellotge de pèndol que a la Terra estava perfectament ajustat, s'avança o s'endarrereix? Per què?

Resultat: $g/4$
el període augmenta i per tant s'endarrereix

8. Quin seria el valor del camp gravitatori en el centre d'un quadrat de 5 metres de costat si en cada vèrtex hi ha situada una massa diferent (el valors són correlativament 100 kg, 200 kg, 300 kg i 400 kg). Quina força actuaria sobre una massa



de 50 kg situada en aquest punt? Quin és el potencial gravitatori en el centre d'aquest quadrat?

Resultat: $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ N/kg}$
 $7,54 \cdot 10^{-8} \text{ N}$
 $1,88 \cdot 10^{-8} \text{ J/kg}$

9. En Javier Sotomayor, recordman de salt d'altura, salta amb facilitat per sobre de 2,4 metres. El conviden als Jocs Olímpics (tenen lloc cada quatre anys a la Lluna) i salta amb la mateixa velocitat inicial que ho fa a la Terra. Calcula el rècord olímpic d'alçada que establirà.

Resultat: 14,4 m

10. En Pep Boixaderes pertany al Club Atletisme Llagostera i la seva especialitat és el llançament de pes. La seva millor marca personal és de 22 metres aconseguida, lògicament, llençant la bola amb un angle de 45 graus. Si repetís aquest llançament a la Lluna, quina seria aleshores la seva millor marca?

Resultat: 65,97 m

11. (PAU juny 97) A quina distància de la Terra la gravetat es redueix a una desena part del seu valor a la superfície? $R_T = 6.400 \text{ km}$

Resultat: 20.238 km
del centre

12. (PAU setembre 99) A quina altura sobre la superfície de la Terra l'acceleració de la gravetat es redueix a la meitat? (Radi de la Terra = 6.400 km)

Resultat: 2.650 km

13. Fins a quina altura ens haurem d'enlairar perquè el valor del camp gravitatori es redueixi en un 20 %?

Resultat: 755 km

14. Quin és el valor del camp gravitatori a la superfície de Júpiter, si la massa és 300 vegades la de la Terra i el seu radi 11 vegades el de la Terra?

Resultat: 2,48.g

15. Deixem caure una pedra per un pou vertical que passa pel centre de la Terra i que comunica amb les antípodes.

- a. *Demostra que el moviment d'aquesta pedra serà vibratori harmònic.*
b. *Quant temps tardarà la pedra a tornar a les nostres mans (període del moviment)?*

Resultat: 1,41 h

16. Quin treball hem de fer per portar una cos de 20 kg de massa des de la superfície de la Terra fins a un punt situat a 6.370 km d'altitud? Compara el resultat amb el que obtindríem si consideréssim constant l'atracció de la Terra.

Resultat: $6,25 \cdot 10^8 \text{ J}$

17. Calcula aproximadament la velocitat amb què arriba a la Terra un meteorit. Quines hipòtesis has fet en els teus càlculs?

Resultat: 11.183 m/s

18. Des de la superfície terrestre llancem verticalment i cap amunt un cos a una velocitat inicial de 2.000 m/s. Calcula la seva altitud màxima respecte la superfície de la Terra suposant negligible el fregament amb l'atmosfera.

Resultat: 6.611 km



19. Un dels coets Pioneer que van anar a la Lluna va assolir una altitud màxima aproximada de 125.000 km. Ignorant l'efecte de la Lluna, calcula la velocitat amb què el coet arribaria a l'atmosfera de la Terra en el seu retorn. Suposa que el coet va ser llançat verticalment cap amunt i que l'atmosfera arriba fins a 130 km sobre la superfície de la Terra.

Resultat: 10.792 m/s

20. Troba la velocitat i l'energia total d'un satèl·lit de massa m que orbita a 15.000 km d'altura sobre la superfície de la Terra.

Resultat: 4.324 m/s
 $-9,35 \cdot 10^6 \text{ m J/kg}$

21. (PAU juny 98) Un satèl·lit artificial de massa 2.000 kg està en òrbita circular al voltant de la Terra a una altura de $3,6 \cdot 10^6 \text{ m}$ sobre la superfície terrestre. Determina:

- La relació entre la intensitat del camp gravitatori aquesta altura i el seu valor a la superfície de la Terra.
- Representeu la força que actua sobre el satèl·lit i calcula'n el mòdul. Sobre quin cos actuaria la força de reacció corresponent?
- Quant valdrà la velocitat del satèl·lit?

Dades: $R_T = 6.400 \text{ km}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Resultat: 0,4096
 8.004 N
 6.326 m/s

22. (PAU setembre 97) Quina és la mínima velocitat vertical que hem de donar a un cos perquè s'escapi de l'atracció de la Terra?

Dades: $R_T = 6.370 \text{ km}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

Resultat: 11,19 km/s

23. (PAU juny 09) Calculeu la velocitat mínima a la qual s'ha de llançar verticalment cap amunt un satèl·lit des de la superfície terrestre perquè assoleixi una altura igual que el radi de la Terra.

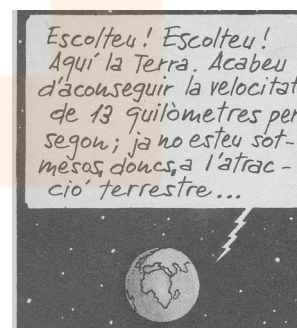
DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Resultat: $7,91 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

24. Quina és la velocitat d'escapada per a un cos situat a 2.000 km per sobre de la superfície terrestre.

Resultat: 9.761 m/s

25. Hergé (el pare d'en Tintín) sempre va procurar documentar-se correctament per elaborar els seus còmics, tot i això en aquest fragment del còmic de Tintín hi ha dues errades físiques. Les pots descobrir?



26. (PAU juny 98) Un satèl·lit artificial de 100 kg de massa s'eleva fins a certa altura H de la superfície terrestre. En aquesta posició s'encenen els coets propulsors, que li comuniquen una velocitat de 7.000 m/s, de forma que el satèl·lit descriu òrbites circulars. Calcula:

- L'altura H de les òrbites del satèl·lit respecte de la superfície de la Terra.
- L'acceleració del satèl·lit en la seva trajectòria i el temps que tarda a fer deu òrbites completes.
- L'energia mecànica del satèl·lit.



Resultat: 1.767 km
5,99 m/s²
20,36 h
-2,45.10⁹ J

27. Quina és aproximadament l'energia cinètica, la potencial i la total de la Terra en el seu moviment al voltant del Sol.

Resultat: 2,69.10³³ J
-5,33.10³³ J
-2,64.10³³ J
Resultat:

28. (PAU juny 97) Siguin dos satèl·lits A i B de masses iguals m que es mouen en la mateixa òrbita circular al voltant de la Terra, que té massa M_T , però en sentits de rotació oposats i, per tant, en una trajectòria de xoc. El període de rotació, T , dels satèl·lits és de 24 h.

- Demostreu que el radi de la trajectòria satisfà l'equació $r^3 = GM_T (T/2\pi)^2$.
- Quines són la velocitat i l'energia mecànica dels satèl·lits abans del xoc?
- Si, com a conseqüència del xoc, un satèl·lit s'incrusta en l'altre, quina serà la velocitat del cos de massa $2m$ després del xoc?
- Quin moviment seguirà després del xoc el cos de massa $2m$ que en resulta?
- Quant val la pèrdua d'energia mecànica?

Dades: $m = 100$ kg; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg; $G = 6,673 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg²

Resultat: 3.073 m/s
- 4,72.10⁸ J
0 m/s
- 9,44.10⁸ J

29. Un satèl·lit artificial gira entorn de la Terra a una velocitat de 7'5 km/s.

- A quina altura es troba?
- Pots relacionar la velocitat dels satèl·lits amb la altura a la que es troben?
- Pots representar-ho gràficament?

Resultat: 715 km
 $v = \sqrt{G \cdot M / (R_T + h)}$

30. Quin és el període i la velocitat d'un satèl·lit de la Terra que descriu una òrbita circular a una altitud de dos radis terrestres sobre la superfície? Si la massa del satèl·lit és de 4.000 kg, quina és la seva energia?

Resultat: 7,34 h
4.565 m/s
-4,17.10¹⁰ J

31. Un satèl·lit de 5.000 kg descriu una òrbita circular al voltant de la Terra de 8.000 km de radi. Calcula les seves energies cinètica, potencial i total.

Resultat: 1,24.10⁻¹¹ J
-2,5.10¹¹ J
-1,26.10¹¹ J

32. Després de molt de temps i com a resultat de la fricció amb l'atmosfera, el satèl·lit del problema anterior disminueix el radi de la seva òrbita, que ara és de 7.000 km.

- Calcula els canvis produïts en les seves velocitats lineal i angular, en l'energia cinètica, en l'energia potencial i en l'energia total.



Resultat:

7.072 m/s a 7.561 m/s
 $0,884 \cdot 10^{-3}$ rad/s a $1,08 \cdot 10^{-3}$ rad/s
 $1,25 \cdot 10^{11}$ J a $1,42 \cdot 10^{11}$ J
 $-2,5 \cdot 10^{11}$ J a $-2,85 \cdot 10^{11}$ J
 $-1,25 \cdot 10^{11}$ J a $-1,43 \cdot 10^{11}$ J

33. (PAU setembre 98) Respon a les següents preguntes:

- A quina altura sobre la superfície de la Terra la gravetat és la mateixa que sobre la superfície de la Lluna?
- Quina energia potencial gravitatòria respecte de la Terra tindria una persona de 50 kg situada a aquesta altura?
- Amb quina energia cinètica hauríem de llançar un cos de 50 kg des de la superfície de la Terra perquè arribés a aquesta altura amb velocitat nul·la? Suposa negligible el fregament.

Dades: $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; $g_L = 1,6 \text{ m/s}^2$; $R_T = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Resultat: 9.409 km
 $-1,26 \cdot 10^9 \text{ J}$
 8,611 km/s

34. Dues masses de valor M són fixes en els punts de coordenades $(a, 0)$ i $(-a, 0)$. Una tercera massa m s'allibera en repòs en el punt $(0, b)$. Calcula la velocitat de la massa m en passar per l'origen de coordenades.

Resultat:

$$v = 2 \sqrt{GM \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right)}$$

35. La distància entre la Terra i la Lluna és aproximadament de 380.000 km i el període de l'òrbita de la Lluna, de 27,3 dies. Amb aquestes dades calcula la massa de la Terra.

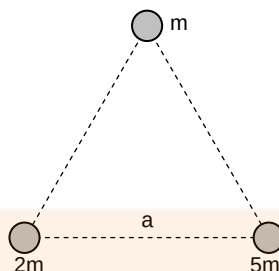
Resultat: $5,88 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

36. Si la massa de la Lluna és 80 vegades més petita que la de la Terra, la distància entre elles és d'uns 380.000 km, i partim de la hipòtesi que són els únics cossos de l'Univers,

- En quin punt serà zero el camp gravitatori?
- Quan val en aquest punt el potencial gravitatori?
- Quina seria la velocitat d'escapament en aquest punt?

Resultat: 341.787 km
 $-1,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$
 1.612 m/s

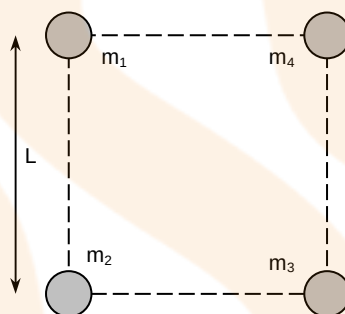
37. En els vèrtexs d'un triangle equilàter de costat " a " tenim tres masses de valors m , $2m$ i $5m$. Calcula el camp i el potencial gravitatori en el centre del triangle.



Resultat: $10,81 \cdot G \cdot m/a^2$
 $-13,8 \cdot G \cdot m/a$

38. (PAU setembre 01) Quatre masses puntuals estan situades als vèrtexs d'un quadrat, tal com es veu a la figura. Determina:

- El mòdul, direcció i sentit del camp gravitatori creat per les quatre masses en el centre del quadrat.
- El potencial gravitatori en aquest mateix punt.
- Si col·loquem una massa $M = 300 \text{ kg}$ en el centre del quadrat, quant valdrà la força sobre aquesta massa deguda a l'atracció gravitatòria del sistema format per les 4 masses? Indica quines són les components horitzontal i vertical d'aquesta força.



Dades: $m_1 = m_2 = m_3 = 100 \text{ kg}$; $m_4 = 200 \text{ kg}$; $L = 3 \text{ m}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

Resultat: $1,48 \cdot 10^{-9} \text{ N/kg}$, diagonal i de m_2 a m_4
 $-1,57 \cdot 10^{-8} \text{ J/kg}$
 $(3,14 \cdot 10^{-7}, 3,14 \cdot 10^{-7}) \text{ N}$

39. (PAU setembre 05) Tres masses puntuals, $m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ i $m_3 = 3 \text{ kg}$, estan situades als vèrtexs d'un triangle equilàter de costat $a = m$, en una regió de l'espai on no hi ha cap altre camp gravitatori que el creat per les tres masses. Determina:

- El treball que s'ha fet per portar les masses des de l'infinít fins a la seva configuració actual (aquest treball correspon a l'energia potencial gravitatòria de la configuració).
- El potencial gravitatori en el punt mitjà del segment que uneix m_1 i m_3 .
- El mòdul de la força d'atracció gravitatòria que experimenta la massa m_1 .

Dada: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

Resultat: $-4,2 \cdot 10^{-10} \text{ J}$
 $-3,7 \cdot 10^{-10} \text{ J/kg}$
 $9,7 \cdot 10^{-11} \text{ N}$

40. Quina profunditat hauria de tenir un pou orientat cap al centre de la Terra perquè la intensitat del camp gravitatori en el fons fos igual a la corresponent a una altitud de 6.400 km sobre la superfície de la Terra

Nota: És millor resoldre algebraicament el problema.



Resultat: $3R_T/4$
4.800 km

41. A quina alçada sobre la superfície de la Terra el camp gravitatori és igual al que hi ha dins d'un pou de la mateixa fondària

Nota: És millor resoldre el problema algebraicament.

Resultat: 3.955 km

42. (PAU setembre 06) Si la intensitat del camp gravitatori a la superfície de la Lluna és g_L , a quina altura sobre la superfície de la Lluna la intensitat del camp gravitatori val $g_L/5$?

Dades: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, $M_L = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, $R_L = 1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$

Resultat: $2,15 \cdot 10^6 \text{ m}$

43. (PAU juny 00) Un satèl·lit de $2 \cdot 10^3 \text{ kg}$ de massa gira al voltant de la Terra en una òrbita circular de $2 \cdot 10^4 \text{ km}$ de radi.

- Sabent que la gravetat a la superfície de la Terra val $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$, quin serà el valor de la gravetat en aquesta òrbita?
- Quant val la velocitat angular del satèl·lit?
- Si per alguna circumstància la velocitat del satèl·lit es fes nul·la, aquest començaria a caure sobre la Terra. Amb quina velocitat arribaria a la superfície terrestre? Suposa negligible l'efecte del fregament amb l'aire.

Dada: Radi de la Terra: $R_T = 6.370 \text{ km}$.

Resultat: $0,99 \text{ m/s}^2$
 $2,23 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$
 9.233 m/s

44. (PAU juny 00) Un satèl·lit artificial de 2.000 kg de massa gira en òrbita circular al voltant de la Terra a una altura $h_1 = 1.300 \text{ km}$ sobre la seva superfície. A causa del petit fregament existent s'acosta a la Terra lentament i, després d'uns mesos, l'altura sobre la superfície terrestre de la seva òrbita circular s'ha reduït fins a $h_2 = 200 \text{ km}$. Es demana:

- La relació g_1/g_2 entre els valors del camp gravitatori terrestre en cadascuna de les dues òrbites circulars.
- La relació v_1/v_2 entre les velocitats del satèl·lit en cadascuna d'aquestes dues òrbites.
- L'energia potencial del satèl·lit en la segona òrbita.

Dades: $R_T = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$; $M_T = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

Resultat: 0,73
0,92
 $-1,21 \cdot 10^{11} \text{ J}$

45. Calcula el treball que hauran de fer els motors d'un satèl·lit (800 kg) si està orbitant a una altura de 600 km i el volem posicionar a una òrbita de 800 km.

Resultat: $6,35 \cdot 10^8 \text{ J}$

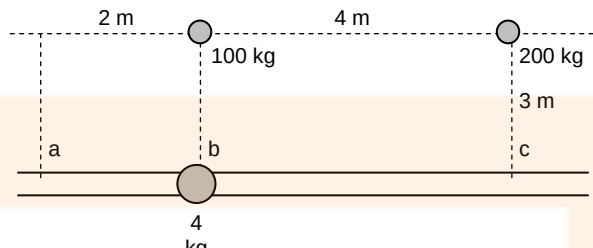
46. (PAU juny 05) Tenim una massa de 10 kg en repòs sobre la superfície terrestre. Quin treball cal fer per pujar-la fins a una altura de 10 m ? I fins a una altura de 630 km ?

Dades: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$

Resultat: 981 J
 $5,6 \cdot 10^7 \text{ J}$

47. Des del punt b deixem anar lliurement una massa de 4 kg que només pot circular (sense fricció) pel carril.

a. Anirà cap a la dreta o cap a l'esquerra? Per què?



- b. Amb quina velocitat arribarà al punt a o c (tenint en compte la resposta anterior)?
c. Calcula el valor del camp gravitatori en els punts b i c.

Resultat: $42 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
 $11,43 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$ i $16,56 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$

48. (PAU juny 03) Un satèl·lit artificial de massa 1.500 kg descriu una trajectòria circular a una altura de 630 km de la superfície terrestre. Calcula:

- a. El període del satèl·lit.
b. L'energia cinètica i l'energia mecànica del satèl·lit en òrbita.
c. L'energia mínima que caldria comunicar al satèl·lit en òrbita perquè s'allunyés indefinidament de la Terra.

Dades: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; $R_T = 6.370 \text{ km}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Resultat: 5.817 s
 $4,29 \cdot 10^{10} \text{ J}$ i $-4,29 \cdot 10^{10} \text{ J}$
 $4,29 \cdot 10^{10} \text{ J}$

49. (PAU setembre 03) Un satèl·lit meteorològic, de massa 300 kg, descriu una òrbita circular geostacionària, de manera que es troba permanentment sobre el mateix punt de l'equador terrestre. Calcula:

- a. L'altura del satèl·lit mesurada des de la superfície de la Terra.
b. L'energia potencial i l'energia mecànica del satèl·lit en la seva òrbita geostacionària.
c. L'energia cinètica total que es va comunicar al satèl·lit en el moment del seu llançament des de la superfície terrestre per posar-lo en òrbita.

Dades: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$; $R_T = 6.370 \text{ km}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Resultat: $3,59 \cdot 10^7 \text{ m}$
 $-2,84 \cdot 10^9 \text{ J}$
 $-1,42 \cdot 10^9 \text{ J}$
 $1,74 \cdot 10^{10} \text{ J}$

50. (PAU juny 10) L'òrbita de la Terra al voltant del Sol es pot considerar circular, amb un període d'un any i un radi d' $1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$. Considerant únicament el sistema format pel Sol i la Terra:

- a. Calculeu la massa del Sol.
b. Determineu l'energia mecànica total (cinètica i potencial) de la Terra.

DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{Terra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Resultat: $2,01 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
 $-2,67 \cdot 10^{33} \text{ J}$

51. (PAU juny 09) Els satèl·lits GPS (global positioning system, 'sistema de posicionament global') descriuen òrbites circulars al voltant de la Terra. El conjunt dels satèl·lits permet que en qualsevol punt de la Terra una persona amb un receptor GPS pugui determinar la posició on es troba amb una precisió de pocs metres. Tots



els satèl·lits GPS estan a la mateixa altura i fan dues voltes a la Terra cada 24 hores. Calculeu:

- La velocitat angular dels satèl·lits i l'altura de la seva òrbita, mesurada sobre la superfície de la Terra.
- L'energia mecànica i la velocitat lineal que té un d'aquests satèl·lits GPS en la seva òrbita.
- La nova velocitat i el temps que trigaria a fer una volta a la Terra, si féssim orbitar un d'aquests satèl·lits a una altura doble.

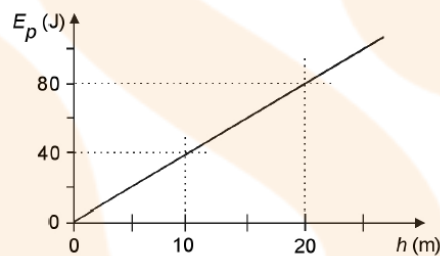
DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{TERRA}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{TERRA}} = 6.380 \text{ km}$; $M_{\text{SAT}} = 150 \text{ kg}$.

Resultat: $1,45 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$ i $20,2 \cdot 10^6 \text{ m}$
 $-1,12 \cdot 10^9 \text{ J}$ i $3,87 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
 $2,92 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ i $1,17 \text{ dies}$

52. (PAU reserva 04) Calcula el temps aproximat que trigaria a completar la seva òrbita al voltant del Sol un planeta del sistema solar que es trobés a una distància mitjana del Sol tres vegades més gran que la distància mitjana de la Terra al Sol.

Resultat: 5,2 anys

53. (PAU setembre 04) El gràfic adjunt mostra com varia l'energia potencial gravitatòria d'un cos de massa 2 kg, en un planeta de radi $R = 5.000 \text{ km}$, amb la distància h a la superfície del planeta (suposant que h és molt més petita que R). Dada: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$. Calcula:



- L'acceleració de la gravetat a la superfície del planeta esmentat.
- La massa del planeta.
- La velocitat d'escapament en el planeta.

Resultat: 2 m/s^2
 $7,5 \cdot 10^{23} \text{ kg}$
 $4,47 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

54. (PAU juny 08) A partir de les dades de la taula següent, calculeu el radi de l'òrbita del planeta Júpiter.

Planeta	Radi de l'òrbita (km)	Període de revolució (anys)
Terra	$148 \cdot 10^6$	1,0
Júpiter		11,9

Resultat: $771 \cdot 10^6 \text{ km}$

55. (PAU setembre 08) Calculeu el valor de l'energia mecànica de la Lluna. Considereu únicament el sistema format per la Terra i la Lluna.

DADES: Constant de la gravitació universal $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; massa de la Terra $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; massa de la Lluna $M_L = 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; distància de la Terra a la Lluna $D_{T-L} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$.

Resultat: $-3,82 \cdot 10^{28} \text{ J}$

56. (PAU juny 05) Júpiter és l'objecte més massic del sistema solar després del Sol. La seva òrbita al voltant del Sol es pot considerar circular, amb un període d'11,86 anys. Determina:

- La distància de Júpiter al Sol.
- La velocitat de Júpiter en la seva òrbita al voltant del Sol.
- L'energia mecànica total (cinètica i potencial) de Júpiter.

Dades: massa de Júpiter $m = 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}$, massa del Sol $M = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, constant de la gravitació universal $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

Resultat: $7,79 \cdot 10^{11} \text{ m}$
 $1,3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
 $-1,63 \cdot 10^{35} \text{ J}$

57. (PAU juny 07) El 19 d'octubre de 2006 es va llançar un nou satèl·lit de la família Meteosat, el MetOp-A. Aquest satèl·lit té una massa de 4.085 kg i descriu una òrbita polar (òrbita que passa pels pols i és perpendicular al pla de l'equador) a una altura de 800 km sobre la superfície de la Terra. Calcula:

- A quina velocitat orbita.
- Quantes vegades passa pel pol Nord diàriament.
- Quina energia mecànica té.

Dades: $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6.400 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Resultat: 7.443 m/s
 $14,2 \text{ vegades}$
 $-1,13 \cdot 10^{11} \text{ J}$

58. (PAU juny 10) El 4 d'octubre de 1957 es va llançar a l'espai el primer satèl·lit artificial, l'Sputnik 1, que va descriure una òrbita a 586 km d'altura sobre la superfície de la Terra. Suposant que aquesta òrbita era circular i sabent que la massa de l'Sputnik 1 era 83,6 kg, calculeu:

- El període de rotació del satèl·lit en l'òrbita que descrigué al voltant de la Terra.
- La velocitat a què anava l'Sputnik 1 en girar i la intensitat del camp gravitatori en la seva òrbita.

DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{Terra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Resultat: 5.772 s
 $7,57 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ // $8,24 \text{ m/s}^2$

59. (PAU juny 10) L'Estació Espacial Internacional (ISS, International Space Station) és fruit de la col·laboració internacional per a construir i mantenir una plataforma d'investigació amb presència humana de llarga durada a l'espai. Supposeu que la ISS té una massa de $3,7 \cdot 10^5 \text{ kg}$ i que descriu una òrbita circular al voltant de la Terra a una distància de $3,59 \cdot 10^5 \text{ m}$ des de la superfície. Calculeu:

- La velocitat de l'Estació Espacial Internacional i el temps que triga a fer una volta a la Terra.
- L'energia mecànica de la ISS. Justifiqueu el signe del valor trobat.

DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{Terra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Resultat: $7,7 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ // 5.492 s
 $-1,1 \cdot 10^{13} \text{ J}$

60. (PAU setembre 09) La primera missió europea dedicada a estudiar l'origen de l'Univers enviarà a l'espai el satèl·lit Planck, que analitzarà la radiació de fons provinent del Big Bang. El satèl·lit Planck es llançarà l'any 2009, tindrà una massa de 1.800 kg i se situarà en una òrbita al voltant de la Terra que es troba a 1,5 milions de kilòmetres del centre del planeta. Supposeu que el satèl·lit descriurà una òrbita circular. Calculeu:



- a. La velocitat del satèl·lit i els dies que tardarà a fer una volta a la Terra.
- b. L'energia cinètica, l'energia potencial gravitatòria i l'energia mecànica del satèl·lit Planck quan estigui en aquesta òrbita.
- c. La velocitat a la qual arribaria a la superfície terrestre, si per alguna circumstància la velocitat del satèl·lit esdevingués nul·la. Considerem negligible el fregament amb l'aire quan entrés a l'atmosfera terrestre.

DADES: $M_{\text{Terra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Resultat: $5,16 \cdot 10^2 \text{ m/s}$ i 211,4 dies
 $2,40 \cdot 10^8 \text{ J}$, $-4,79 \cdot 10^8 \text{ J}$ i $-2,39 \cdot 10^8 \text{ J}$
 $1,12 \cdot 10^4 \text{ m/s}$

61. (PAU juny 08) A partir de les dades sobre Júpiter i la Terra del quadre següent, trobeu:

- a. L'acceleració de la gravetat a la superfície de Júpiter.
- b. La velocitat d'escapament de la superfície de Júpiter.
- c. Els anys que tarda Júpiter a fer una volta entorn del Sol.

Dades bàsiques	Júpiter	Terra
Radi equatorial	71.492 km	6.378 km
Distància mitjana respecte al Sol	778.330.000 km	149.600.000 km
Període de revolució entorn del Sol	1 any	
Massa	$318 M_{\text{Terra}}$	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Gravetat superficial a l'equador	$9,8 \text{ m/s}^2$	

Resultat: $24,8 \text{ m/s}^2$
 59.548 m/s
11,81 anys

Magnetisme

I. Conceptes

1. (PAU juny 97) En quines condicions descriurà una trajectòria rectilínia una partícula carregada en un camp magnètic uniforme? I en un camp elèctric uniforme?

2. (PAU setembre 97) Quina d'aquestes sis afirmacions són certes i quines són falses?

Una càrrega elèctrica en repòs crea
 - a. *Només un camp elèctric.*
 - b. *Només un camp magnètic.*
 - c. *Un camp elèctric i un camp magnètic.*
 Una càrrega elèctrica en moviment crea
 - d. *Només un camp elèctric.*
 - e. *Només un camp magnètic.*
 - f. *Un camp elèctric i un camp magnètic.*

3. (PAU setembre 97) Un camp magnètic uniforme actua sobre una espira. En quines condicions es pot generar un corrent altern a l'espira?

4. (PAU juny 98) Una càrrega està en repòs en els proximitats d'un fil recte pel qual passa un corrent elèctric d'intensitat constant. Existirà camp magnètic en el punt on es troba la càrrega? Actuarà una força sobre la càrrega? Raona les respostes.

5. (PAU juny 98) Un neutró i un protó entren en una regió on hi ha un camp magnètic constant. Les velocitats d'entrada del neutró i del protó són perpendiculars al camp magnètic. Fes un esquema de les trajectòries que seguiran les dues partícules.

6. (PAU setembre 98) Raona si circularà o no un corrent elèctric induït per un circuit en repòs travessat per:
 - a. *Un camp elèctric i un camp magnètic constants.*
 - b. *Un flux magnètic constant i diferent de zero.*
 - c. *Un camp magnètic variable.*
 - d. *Un camp magnètic i un camp elèctric variables.*

7. (PAU setembre 98) Un electró i un protó entren a la mateixa velocitat en una regió on hi ha un camp magnètic perpendicular a la velocitat. Explica el moviment de cada partícula i fes un dibuix esquemàtic de les seves trajectòries.

8. (PAU juny 07) Un protó entra en un camp magnètic uniforme, B , amb una determinada velocitat, v . Descriu el tipus de moviment que efectuarà dins del camp si:
 - a. *Els vectors v i B són paral·lels.*
 - b. *Els vectors v i B són perpendiculars.*



Resultat: MRU
MCU

9. (PAU setembre 08) Dins d'un camp magnètic constant, un electró descriu un moviment circular i uniforme en un pla horitzontal com el d'aquest paper, amb un sentit de gir com el de les agulles del rellotge.

- a. *El camp magnètic que obliga l'electró a descriure el moviment circular a) depèn de la velocitat de l'electró. b) és perpendicular a aquest paper i de sentit cap enfora. c) és perpendicular a aquest paper i de sentit cap endins.*
b. *Podem considerar que, quan gira, l'electró és un corrent elèctric elemental i, per tant, a) crea un camp magnètic, a l'interior de la seva trajectòria, perpendicular al paper i de sentit cap enfora. b) no crea cap camp magnètic. c) crea un camp magnètic, a l'interior de la seva trajectòria, perpendicular al paper i de sentit cap endins.*

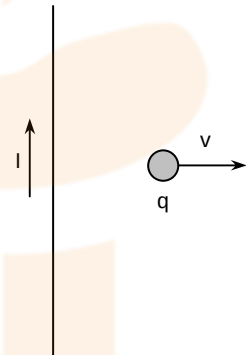
Resultat: a.c
b.a

10. (PAU juny 05) L'energia cinètica d'una partícula carregada, pot ser modificada per un camp magnètic uniforme? I per un camp elèctric uniforme? Justifica les respostes.

Resultat: No
Sempre

11. (PAU juny 99) Per un fil, que suposem indefinidament llarg, hi circula un corrent continu d'intensitat I . A prop del fil es mou una partícula carregada positivament amb velocitat v . Tant el fil com el vector velocitat estan en el pla del paper.

- a. *Indica la direcció i el sentit del camp magnètic creat pel corrent en el punt on es troba la càrrega.*
b. *Fes un dibuix indicant la direcció i el sentit que hauria de tenir un camp elèctric addicional per tal que la resultant sobre la partícula fos nul·la. Raona la resposta.*



12. (PAU juny 99) Perquè els transformadors poden funcionar amb corrent altern però no amb corrent continu?

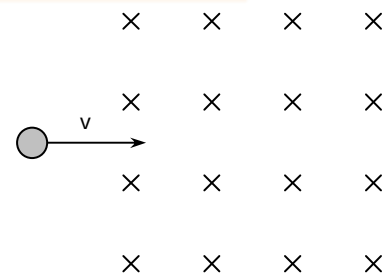
13. (PAU setembre 06) Perquè es generi corrent induït en un circuit indeformable en repòs, cal que: a) Sigui travessat per un camp elèctric variable. b) Sigui travessat per un camp magnètic constant. c) Sigui travessat per un camp magnètic variable.

Els transformadors: a) Es fonamenten en la inducció electromagnètica entre circuits. b) Funcionen tant en corrent continu com en corrent altern. c) Canvien la freqüència del corrent altern.

Resultat: c i a

14. (PAU setembre 99) Una partícula carregada penetra en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic de manera que no hi experimenta cap força. Explica com pot ser això.

15. (PAU setembre 99) Un protó penetra amb velocitat v en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme perpendicular a la velocitat i al pla del paper i dirigit cap a dins (observa la figura). Fes un dibuix indicant la direcció i el sentit de la força que fa el camp sobre el protó. Canviaria la resposta si la partícula fos un electró? Per què? En cas afirmatiu, quin seria el canvi?

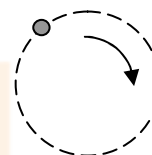


16. (PAU juny 06) Un electró es mou en un camp magnètic uniforme i descriu una trajectòria circular continguda en el pla del paper, com la de la figura. Determina la direcció i el sentit del camp magnètic amb referència al pla del paper. Raona la resposta.

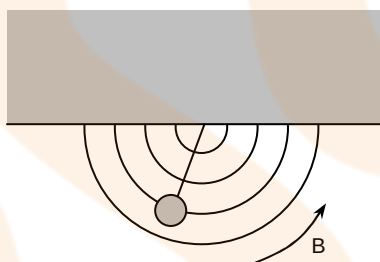
Resultat: Perpendicular i cap a dins

17. Un conductor recte molt llarg recorregut per un corrent d'intensitat I origina una camp magnètic B en un punt O situat a una distància r . El mòdul de la inducció magnètica en un altre punt P situat a una distància $3r$ del mateix conductor és de:

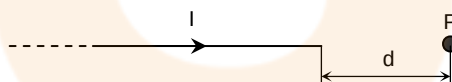
- $3B$
- $B/3$
- $B/9$
- $9B$



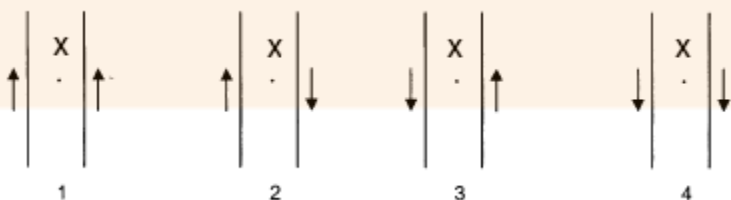
18. Les línies d'un camp magnètic tenen la direcció indicada en la figura següent. En el punt O es penja un fil aïllant que porta a l'extrem una bola carregada elèctricament amb $2 \mu\text{C}$. Quines diferències hi haurà entre el moviment d'oscil·lació del pèndol en presència i en absència del camp magnètic?



19. Per què és una trivialitat demanar el valor del camp magnètic creat pel mig conductor indefinit en el punt P de la figura?



20. (PAU reserva 04) Per dos conductors elèctrics rectilinis molt llargs i paral·lels circulen corrents de la mateixa intensitat. La figura representa les quatre configuracions possibles, atenent el sentit del corrent en cada conductor, representat per les fletxes. Digues en quins casos el camp magnètic induït en el punt X , equidistant dels dos fils, serà zero: A) 1 i 2, B) 1 i 4, C) 2 i 3, D) 3 i 4



- Tria la resposta que consideris correcta (A, B, C o D).
- Justifica la resposta.

Resultat: B

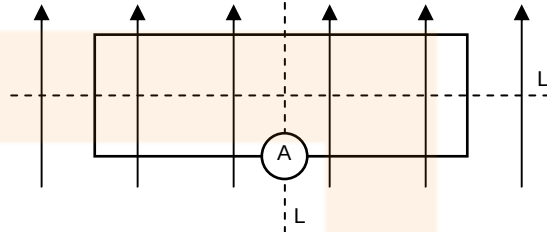
21. (PAU juny 00) Disposem d'una bobina, cable elèctric, un imant potent i un amperímetre capaç de mesurar el pas de corrents elèctrics de molt baixa intensitat.



Com es podria aconseguir que l'agulla de l'amperímetre assenyalés pas de corrent?
(Fes-ne un dibuix.) En quina llei es basa l'experiment?

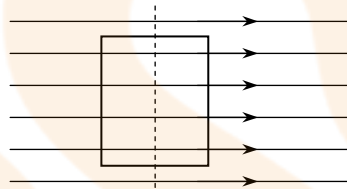
22. (PAU juny 02) Una espira rectangular està sotmesa a l'acció d'un camp magnètic uniforme, com indiquen les fletxes de la figura. Raoneu si l'amperímetre A marcarà pas de corrent:

- si es fa girar l'espira al voltant de la línia de punts horitzontal (L1).
- si es fa girar l'espira al voltant de la línia de punts vertical (L2).



Resultat: Sí
no

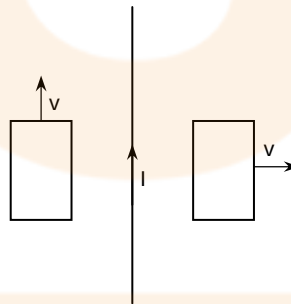
23. (PAU setembre 00) Una espira rectangular es troba en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme, tal com es veu a la figura. Raona si es generarà corrent a l'espira en els casos següents:



- Si es mou l'espira cap a la dreta.
- Si es fa girar l'espira sobre ella mateixa per la línia de punts.

Resultat: No i sí

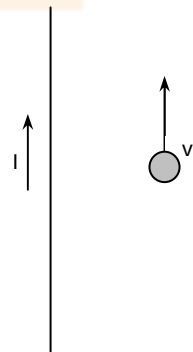
24. (PAU setembre 00) Per un fil vertical indefinit circula un corrent elèctric d'intensitat I . Si dues espires es mouen amb les velocitats indicades a la figura, s'induirà corrent elèctric en alguna d'elles? Per quina? Raona la resposta.



25. (PAU juny 01) Per un fil, que suposarem infinitament llarg, hi circula un corrent continu d'intensitat I . A prop del fil i amb velocitat v paral·lela a aquest fil es mou una partícula amb càrrega negativa.

- Quines seran la direcció i sentit del camp magnètic creat per I en el punt on és la partícula? I els de la força que el camp magnètic fa sobre la partícula?
- Canviarien les respostes de l'apartat anterior si la càrrega fos positiva? En cas afirmatiu, quin seria el canvi?

Resultat: Perpendicular al paper i cap endins
Horizontal cap a la dreta
Perpendicular al paper i cap endins
Horizontal i cap a l'esquerra



26. (PAU juny 04) Una espira es mou en el si del camp magnètic uniforme representat en la figura, en el sentit que s'indica en cada cas. El símbol X indica que el camp entra en el paper. En l'espira, s'indueix corrent elèctric:

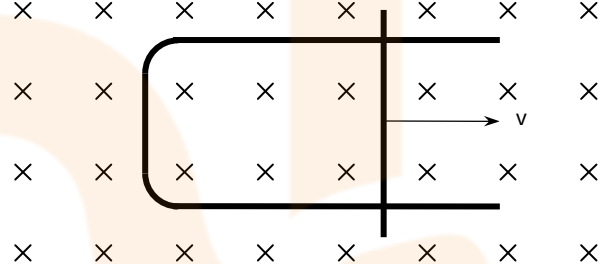
- en tots els casos.
- només en el cas D.
- en els casos A i B.
- en els casos A, B i C.

Escolliu l'opció correcta i raona la resposta.

Resultat: B

27. (PAU juny 04) Considera un camp magnètic uniforme, perpendicular a la superfície plana delimitada per un fil metàl·lic en forma de U, i una barra metàl·lica que es mou sobre el fil a velocitat constant i en el sentit indicat en la figura. El símbol X indica que el camp apunta cap a dins del paper.

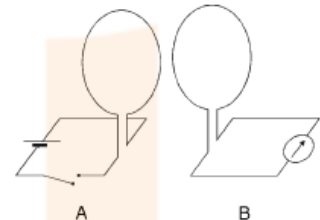
- En quin sentit circula el corrent induït en el circuit? Raona la resposta.
- Quin moviment hauria de descriure la barra perquè el corrent induït fos altern? Per què?



Resultat: Antihorari
MHS

28. (PAU reserva 04) La figura representa dues espires circulars, A i B, enfrontades. L'espira A està connectada a un generador i un interruptor, mentre que l'espira B està connectada a un amperímetre. Raona si les afirmacions següents són vertaderes o falses:

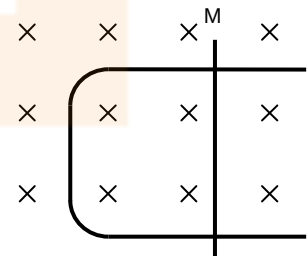
- Si l'amperímetre no indica pas de corrent, l'interruptor de l'espira A està forçosament obert.
- Si l'interruptor de l'espira A està tancat i l'espira A se separa de l'espira B, l'amperímetre no indica pas de corrent.



Resultat: Falsa
Falsa

29. (PAU juny 05) Sobre el conductor metàl·lic en forma de $\subset$ de la figura pot lliscar la barra metàl·lica M. Tot el conjunt es troba en un pla horitzontal, en presència d'un camp magnètic uniforme de mòdul B, direcció perpendicular al pla del paper i sentit cap a dins.

- Si la barra llisca a velocitat constant en el sentit en què augmenta la superfície delimitada pel circuit, s'indueix un corrent en el circuit que: a) Circula en el sentit de gir de les agulles del rellotge. b) Circula en sentit contrari al del gir de les agulles del rellotge. c) Creix en el temps.
- Si el flux magnètic a través de la superfície delimitada pel circuit, en funció del temps, ve donat per $\Phi = 0,1 \cdot t$ (en unitats de l'SI), la força electromotriu del corrent induït en el circuit en els primers 5 s té un valor de: a) 5 V. b) 0,5 V. c) 0,1 V.
- Si la barra llisqués sobre el conductor en forma de $\subset$ amb un moviment vibratori harmònic: a) La força electromotriu del corrent induït en el circuit tindria un valor





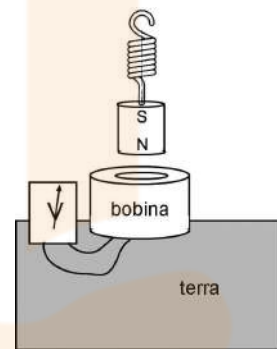
- constant. b) El corrent induït seria un corrent altern. c) No s'induiria corrent, perquè el circuit no conté cap generador.
- d. Si la barra es mantingués immòbil sobre el conductor en forma de $\subset$, i disminuís progressivament el valor del camp magnètic en el circuit: a) No s'induiria corrent. b) S'induiria corrent en el sentit de gir de les agulles del rellotge. c) S'induiria corrent en sentit contrari al del gir de les agulles del rellotge.
- e. Si el conductor en forma de $\subset$ girés entorn de l'eix vertical definit per la barra M: a) Circularia un corrent d'intensitat constant. b) No circularia corrent. c) Circularia un corrent d'intensitat variable.

Resultat: a.b), b.c), c.b), d.b), e.c)

30. (PAU juny 10) Un imant penja d'una molla sobre una bobina conductora, fixada a terra, i un voltímetre tanca el circuit de la bobina, tal com mostra la figura.

Quan es produeix un terratrèmol, l'imat es manté immòbil, mentre que la bobina puja i baixa seguint els moviments del terra.

- a. Expliqueu què indicarà el voltímetre en les tres situacions següents: 1. El terra puja. 2. El terra baixa. 3. No hi ha cap terratrèmol (i el terra no es mou).
- b. Si retirem el voltímetre i apliquem un corrent elèctric altern a la bobina, quin efecte es produirà en l'imat suspès a sobre? Justifiqueu la resposta.



2. Força i camp magnètic

1. Una càrrega de $6 \mu\text{C}$ penetra en un camp magnètic de $0,05 \text{ T}$ a una velocitat de 4.000 m/s que forma un angle de 30° amb el camp magnètic. Calcula la força que actuarà sobre la càrrega.

Resultat: $0,0006 \text{ N}$

2. Un electró que es mou a una velocitat de 50.000 km/s descriu una circumferència de 10 cm de radi en un camp magnètic uniforme. Calcula el valor del camp.

Resultat: $2,84 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

3. Determina la força que actua sobre una càrrega de $3 \mu\text{C}$ sotmesa a un camp magnètic de $0,2 \text{ T}$ quan la càrrega es mou a la velocitat de 100 m/s .

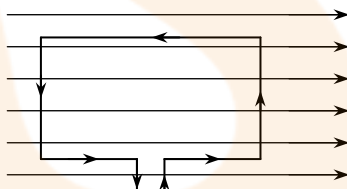
Resultat: $6 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

4. Un protó que es mou a una velocitat de 10.000 km/s penetra perpendicularment en un camp magnètic de $0,1 \text{ T}$.

- a. Quin és el temps que tardarà a recórrer la circumferència que descriu?
b. Quants gir completarà en un segon?

Resultat: $6,28 \cdot 10^{-7} \text{ s}$
 $1,6 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

5. Una espira rectangular conductora de 20 cm de llarg i 10 cm d'ample és, tal com es pot veure a la figura, en un camp magnètic uniforme de $0,05 \text{ T}$.



- a. Troba la força que actua sobre cada tram de l'espira quan hi circula un corrent de $0,01 \text{ A}$.

Resultat: 0 N
 $5 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

6. Troba les forces exercides sobre una espira quadrada de 20 cm de costat, situada en un camp magnètic de $0,2 \text{ T}$ i per la qual circula un corrent de 10 A , sabent que el pla de l'espira forma un angle de 45° amb la direcció del camp.

Resultat: $0,28 \text{ N}$

7. Un conductor rectilini molt llarg és recorregut per un corrent elèctric de 5 A . Calcula la inducció magnètica en un punt que dista 2 cm del conductor.

Resultat: $5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

8. Troba el camp magnètic el centre d'una espira de 15 cm de radi per la qual circula un corrent elèctric de 25 A .

Resultat: $1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$

9. Troba el valor de la inducció magnètica a l'interior d'un solenoide de 1.000 espires per metre quan és recorregut per una intensitat de corrent de $0,2 \text{ A}$.

Resultat: $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$



10. Dos conductors molt llargs, rectes i paral·lels, es troben en el buit a una distància de 10 cm l'un de l'altre i són recorreguts per corrents de 10 A i 20 A. Calcula la força per centímetre exercida entre tots dos:

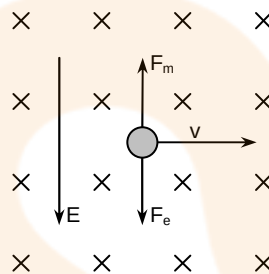
- Si els corrents tenen el mateix sentit.
- Si tenen sentits contraris.

Resultat: $4 \cdot 10^{-6}$ N/cm

11. Un electró amb una energia cinètica de 15 eV penetra perpendicularment en un camp magnètic de 10^{-3} T. Determina la trajectòria que segueix l'electró al camp.

Resultat: 0,01 m

12. Un protó penetra en una regió en què coexisteixen un camp elèctric, la intensitat del qual és de 3.000 V/m, i un camp magnètic la inducció del qual és de $5 \cdot 10^{-4}$ T. Tots dos camps exerceixen sobre el protó forces iguals i oposades.

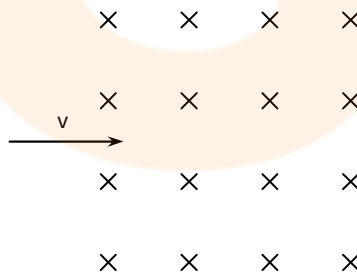


- Calcula la velocitat del protó.

Resultat: $6 \cdot 10^6$ m/s

13. (PAU juny 02) Un electró i un protó que tenen la mateixa velocitat penetren en una regió on hi ha un camp magnètic perpendicular a la direcció de la seva velocitat. Aleshores la seva trajectòria passa a ser circular.

- Raoneu quina de les dues partícules descriurà una trajectòria de radi més gran.
- Dibuixeu esquemàticament la trajectòria de cada partícula i indiqueu quin és el sentit de gir del seu moviment.

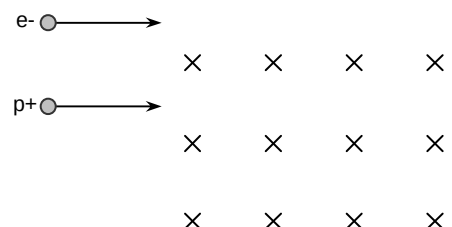


Recordeu que $m_e < m_p$; $q_e = -q_p$

Resultat: $R_e < R_p$
protó: antihorari / electró: horari

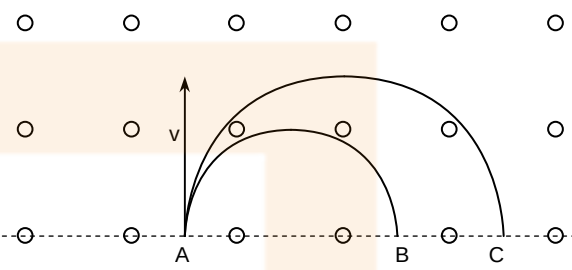
14. (PAU setembre 03) Un protó i un electró que viatgen a la mateixa velocitat penetren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic perpendicular a la seva trajectòria, com es mostra a la figura. La massa del protó és aproximadament 1.758 vegades més gran que la massa de l'electró.

- Fes un esquema del moviment que seguiran les dues partícules.



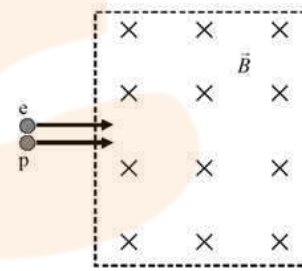
- b. Determina la relació entre els radis de les trajectòries.
c. Determina la relació entre els períodes de rotació de les partícules.

Resultat: 1.758
1.758

15. A la figura s'hi representa el moviment de dues partícules amb la mateixa càrrega i amb diferent massa que penetren en el punt A, totes dues a la mateixa velocitat, en un camp magnètic uniforme i perpendicular al pla del paper. Després de descriure mitja circumferència, la primera incideix al punt B i la segona al punt C.
- 

- a. Calcula la separació final que hi ha entre les partícules (distància BC).

Resultat: $2v(m_C - m_B) / (qB)$

16. (PAU juny 08) Un protó i un electró, ambdós a la mateixa velocitat, $v \rightarrow 0$, penetren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme perpendicular a la velocitat de les partícules, tal com s'indica a la figura de sota. Dibuixeu i justifiqueu la trajectòria que descriu cada partícula. Determineu la relació existent entre els radis de les seves òrbites.
- 

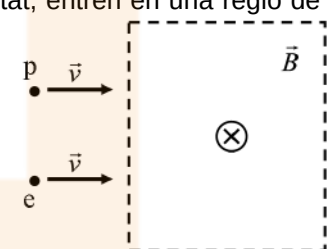
DADES: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg; $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Resultat: $R_p/R_e = 1.833$

17. Una partícula α (càrrega de 4 protons i $m = 6,5 \cdot 10^{-27}$ kg) descriu una circumferència de 80 cm de diàmetre a l'interior d'un camp magnètic uniforme de 2,5 T.

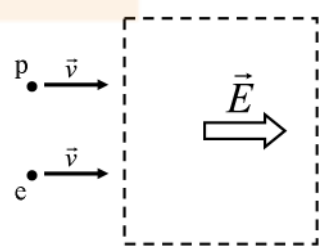
- a. Calcula el període del moviment, la velocitat i l'energia cinètica (en eV) de la partícula.

Resultat: $25 \cdot 10^{-9}$ s
 $9,8 \cdot 10^7$ m/s
195 MeV

18. (PAU juny 10) Un protó i un electró, amb la mateixa velocitat, entren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme dirigit cap a l'interior del paper, tal com indica la figura següent:
- 

- a. Dibuixeu les forces que actuen sobre cada partícula en l'instant en què entren a la regió on hi ha el camp. Són iguals els mòduls d'aquestes forces? Descriviu i justifiqueu el moviment que seguirà cadascuna de les partícules.

Imagineu-vos que en aquesta regió, en comptes d'un camp magnètic, hi ha un camp elèctric uniforme dirigit cap a la dreta, tal com indica la figura següent:

- b. Dibuixeu les forces que actuen sobre cada partícula en l'instant en què entren a la regió on hi ha el camp. Són iguals els mòduls d'aquestes forces? Descriviu i justifiqueu el moviment que seguirà cadascuna de les partícules.
- 

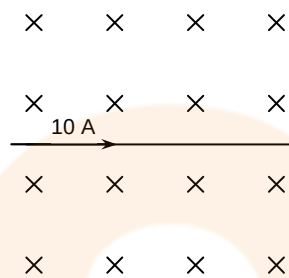


19. (PAU setembre 02) Un protó entra en una regió on hi ha un camp magnètic uniforme $B = 0,2 \text{ T}$. Si, en entrar-hi, va a una velocitat $v = 10^6 \text{ m/s}$, perpendicular a la direcció del camp, calcula el radi de la trajectòria circular que descriu el protó.

Dades: $q_p = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Resultat: 5,2 cm

20. Un segment horitzontal de conductor de 25 cm de longitud i 20 grams de massa pel qual circula un corrent de 10 A es troba en equilibri en un camp magnètic uniforme també horitzontal i perpendicular al conductor, tal com pots veure en la figura. Calcula el valor de la inducció magnètica.



Resultat: 0,0784 T

21. Disposem d'un conductor de longitud L i resistència R , que enrotllem per formar una espira circular. Troba l'expressió del camp magnètic al centre de l'espira quan connectem els extrems del conductor a un voltatge V .

Resultat: $\pi \mu_0 V / (LR)$

22. Dos conductors rectilinis, molt llargs i paral·lels, distants entre ells 10 cm són recorreguts per corrents elèctrics d'1,5 A i 3 A. Calcula la inducció magnètica produïda en un punt equidistant de tots dos conductors i coplanari amb aquests:

- Si tots dos corrents tenen el mateix sentit.
- Si tenen sentits contraris.

Resultat: $6 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
 $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

23. De la freqüència de gir d'una partícula carregada en un camp magnètic uniforme se'n diu *freqüència ciclòtrònica*. Demuestra que la freqüència ciclòtrònica d'una partícula amb càrrega q , que penetra a una velocitat v perpendicularment en un camp uniforme B , no depèn d'aquesta velocitat.

24. (PAU juny 09) Un dispositiu llança, al mateix temps, en la mateixa direcció i en sentits oposats, un protó i un electró. És a dir: $v_{\text{protó}} = -v\vec{j}$; $v_{\text{electró}} = +v\vec{j}$.

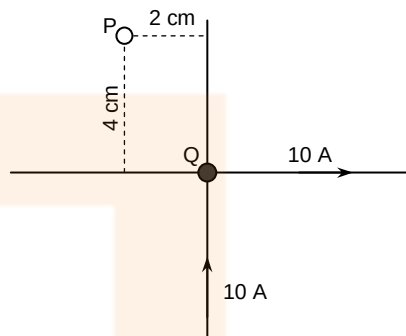
- Quan aquest dispositiu es col·loca dins un camp magnètic $\vec{B} = +B\vec{i}$: a) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qvB\vec{k}$. b) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qvB\vec{k}$. c) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qvB\vec{k}$.
- Quan el dispositiu es col·loca dins un camp elèctric $\vec{E} = +E\vec{j}$: a) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qE\vec{j}$. b) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qE\vec{j}$. c) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qE\vec{j}$.

NOTA: q representa el valor absolut de la càrrega de l'electró i la del protó.

25. Dos conductors rectilinis i perpendiculars entre ells, però sense contacte elèctric en el punt Q, són recorreguts per corrents de 10 A. Calcula la inducció magnètica:

- a. Al punt P de la figura.
b. Al un punt Q situat a 4 cm per sobre del creuament dels dos conductors (i fora del pla del paper)..

Resultat: $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$
 $0,7 \cdot 10^{-4} \text{ T}$

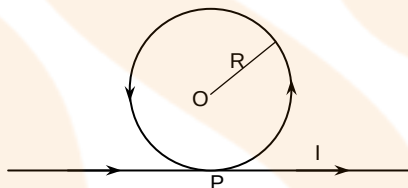


26. Un electró que es mou a una velocitat de 10^7 m/s és a 2 cm d'un conductor recte molt llarg pel qual circula un corrent elèctric de 10 A d'intensitat. Calcula la força que actua sobre l'electró:

- a. Si la velocitat d'aquest és paral.lela al conductor.
b. Si és perpendicular al conductor i al pla en què tots dos es troben.

Resultat: $1,6 \cdot 10^{-16} \text{ N}$
0 N

27. Un filferro conductor, pel qual circula un corrent i, es doblega i forma una circumferència, tal com podem veure a la figura, sense que hi hagi contacte elèctric al punt P.



- a. Calcula el camp magnètic al centre O de la circumferència.

Resultat:
 $\mu_0(\pi+1)i/(2\pi R)$

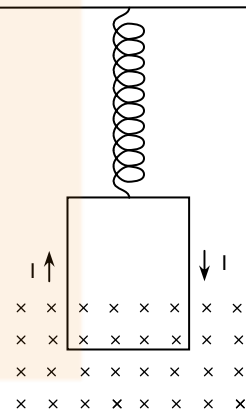
28. Un conductor de 15 cm de llarg i de 12 g de massa està en equilibri situat a 2,8 mm per sobre d'un conductor rectilini molt llarg al qual és paral.lel; per cadascun dels conductors circula un corrent igual i oposat a l'altre. Calcula la intensitat dels corrents als conductors.

Resultat: 105,8 A

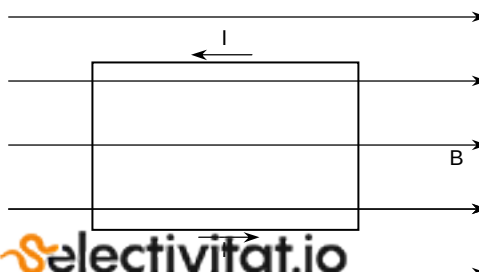
29. Un corrent de 10 A circula per una espira rectangular de 20 cm x 30 cm. L'espira es penja d'una molla de constant elàstica 200 N/m i la part inferior se sotmet a un camp magnètic exterior de 2 T, tal com indica la figura.

- a. Calcula l'allargament que experimenta la molla.

Resultat: 2 cm



30. Pel fil conductor d'un circuit rectangular que fa 30 cm x 40 cm, hi passa un corrent de 6A. En la mateixa zona de l'espai hi ha un camp magnètic constant de 0,3 T horitzontal i cap a la dreta.





- a. Determina les forces magnètiques que actuen sobre cadascun dels costats del rectangle indicant el seu mòdul, direcció i sentit.

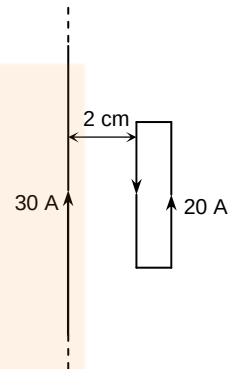
Resultat: 0 i 0,54 N

31. Es col·loca un conductor elèctric en forma d'espira rectangular de 4 cm x 15 cm de tal manera que els costats més llargs siguin paral·lels a un conductor rectilini. El conductor i l'espira es troben en el mateix pla. La distància del conductor rectilini al costat més pròxim de l'espira és de 2 cm.

La intensitat del corrent que circula per l'espira és 20 A i la que circula pel conductor rectilini és 30 A.

- a. Calcula la força neta que actua sobre l'espira.

Resultat: $6 \cdot 10^{-4}$ N



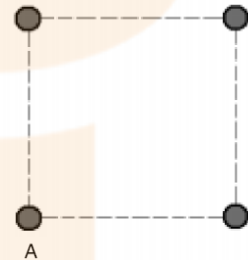
32. Un selector de partícules està constituït per un condensador pla de plaques separades per una distància de 2 mm i per un camp magnètic d'intensitat constant.

- a. Determina la velocitat seleccionada per a les partícules si s'estableix una intensitat de camp magnètic de 3 T i una diferència de potencial entre les plaques de 270 V.

Resultat: 45.000 m/s

33. (PAU setembre 06) Quatre fils conductors idèntics, A, B, C i D, perpendiculars al pla del paper, tallen el paper en els vèrtexs d'un quadrat tal com indica la figura. Per tots els fils circulen corrents elèctrics iguals i en el mateix sentit. Indiqueu la direcció i el sentit de la força resultant exercida sobre el conductor A per la resta de conductors.

Resultat: Diagonal del quadrat, sentit cap al centre



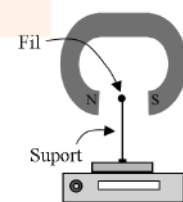
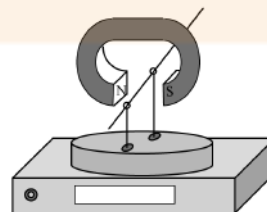
34. (PAU juny 03) En una regió de l'espai hi ha un camp elèctric i un camp magnètic constants en la mateixa direcció i sentit. En un determinat instant penetra en aquesta regió un electró amb la velocitat paral·lela als camps i de sentit contrari. Descriviu el tipus de moviment que farà l'electró. Justifica la resposta.

Resultat: MRUA amb l'acceleració en el sentit de la velocitat inicial

35. (PAU juny 07) Una partícula carregada positivament, de massa $1 \cdot 10^{-9}$ kg i mòdul de la velocitat 100 m/s, descriu un moviment circular uniforme de 0,2 m de radi, en presència d'un camp magnètic de 0,05 T perpendicular al pla de la trajectòria. Calcula el valor de la càrrega de la partícula.

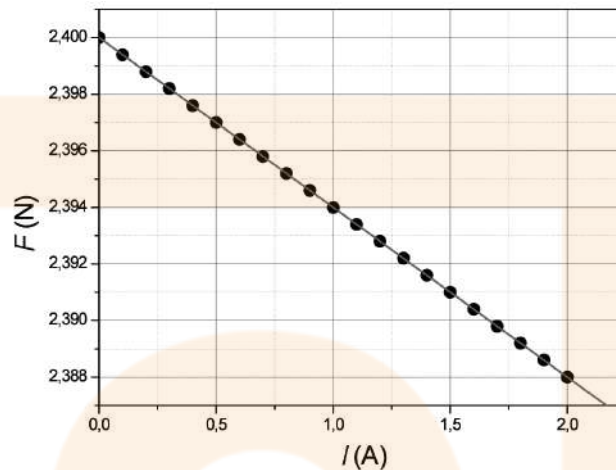
Resultat: $1 \cdot 10^{-5}$ C

36. (PAU juny 10) Es col·loca per sobre d'una balança un imant amb els pols N i S enfrontats. Tal com veiem en les figures, entre aquests dos pols passa un fil conductor horitzontal que no toca l'imant. El fil elèctric s'aguanta mitjançant dos suports aïllants que recolzen sobre el plat de la balança. En absència de corrent elèctric pel fil, la balança indica un pes de 2,400 N. Quan circula corrent elèctric pel fil conductor, la balança indica pesos aparents més petits, que depenen de la intensitat del corrent, a causa de l'aparició d'una força magnètica cap amunt.



Vista frontal

S'han fet circular pel fil diverses intensitats i s'han obtingut els resultats que es mostren en la gràfica següent, en què F és el pes aparent registrat per la balança i I és la intensitat del corrent que circula pel fil conductor.



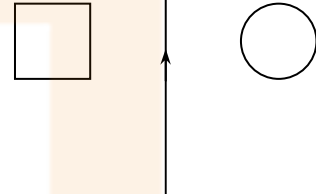
- Determineu l'equació que relaciona la força amb la intensitat. Calculeu la força magnètica que actua sobre el fil elèctric quan la intensitat del corrent és 2,0 A i quan és 2,5 A.
- Considereu que el tram de fil situat entre els pols de l'imant té una longitud de 6 cm i que el camp magnètic és uniforme (constant) dins d'aquesta zona i nul a fora. Calculeu el camp magnètic entre els pols de l'imant. En quin sentit circula el corrent elèctric?

Resultat: $F = 2,400 - 6,000 \cdot 10^{-3} I$ // 0,012 N // 0,015 N
0,1 T

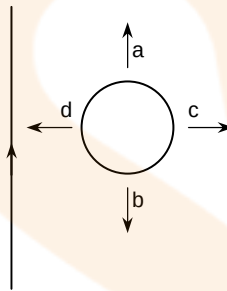
3. Inducció magnètica

1. Una espira quadrada i una espira circular són al mateix pla. Entre totes dues hi ha un conductor recte recorregut per un corrent elèctric. Determina el sentit del corrent elèctric induït en cadascuna de les espires si:

- El corrent és de 5 A.
- El corrent disminueix de 5 A a 3 A.
- El corrent augmenta en 4 A.



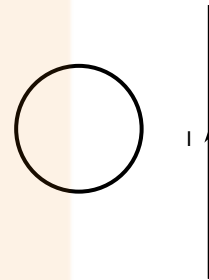
2. Disposem d'un fil indefinit pel qual circula un corrent d'intensitat constant. Movem una petita espira circular per les proximitats del fil indefinit en les formes (a, b, c i d) indicades en la figura. Indica en quins casos apareixeran corrents induïts i quin serà aleshores el sentit del corrent.



3. Disposem d'una espira quadrada per la qual circula corrent en sentit horari. Hi superposem una altra espira idèntica no connectada a cap pila. Indica en quin sentit circularà el corrent induït per la segona espira quan l'allunyis de la primera separant-la del pla del paper cap a tu.

4. (PAU juny 01) Per un conductor rectilini circula un corrent continu I . Al costat hi ha una espira circular situada de manera que el fil rectilini i l'espira estan en un mateix pla.

- Quines seran la direcció i el sentit del camp magnètic creat pel corrent I a la regió de l'espai on és l'espira?
- Si disminueix el valor de I , apareixerà un corrent elèctric induït a l'espira? Per què?



Resultat: Perpendicular al paper i cap enfora
Sí, perquè hi haurà una variació del flux

5. Una espira quadrada de 10 cm de costat que té una resistència elèctrica de 0,5 ohms està en un camp magnètic perpendicular al pla de l'espira. El valor de la inducció magnètica disminueix uniformement 0,5 T cada segon. Calcula la intensitat de corrent elèctric que circula per l'espira.

Resultat: 0,01 A

6. Una espira rectangular de 3 cm per 8 cm de costats gira sobre el seu costat més petit a una velocitat angular de 50 voltes per segon en un camp magnètic uniforme de 2 T. Calcula el valor màxim de la força electromotriu induïda.

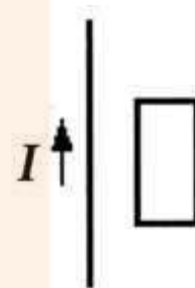
Resultat: 1,50 V

7. Una bobina formada per 200 espires quadrades de 6 cm^2 gira a 3.000 rpm en un camp magnètic uniforme de 0,2 T. Calcula el valor màxim de la força electromotriu induïda.

Resultat: 7,54 V

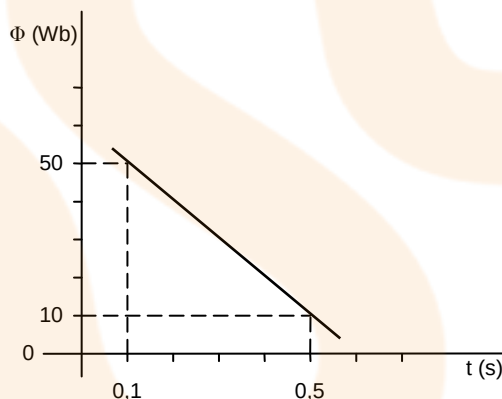
8. (PAU juny 08) Per un fil conductor que podem considerar infinitament llarg circula un corrent elèctric ascendent. Tal com s'indica en la figura següent, prop del fil hi ha una espira rectangular amb dos costats paral·lels al fil.

- a. Si augmenta la intensitat del corrent que circula pel fil,
a) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit horari,
b) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit antihorari o c) a l'espira no s'indueix cap corrent elèctric.
- b. Si mantenim constant la intensitat del corrent que passa pel fil i movem l'espira paral·lelament a si mateixa apropant-la al fil conductor a) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit antihorari, b) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit horari o c) a l'espira no s'indueix cap corrent elèctric.



Resultat: a.b, b.a

9. (PAU juny 04) En aquest gràfic es representa la variació del flux magnètic amb el



temps en un circuit. El valor de la força electromotriu induïda serà:

- a. 20 V
b. 50 V
c. 100 V
d. 500 V

Tria la resposta que consideris correcta i justifica la resposta.

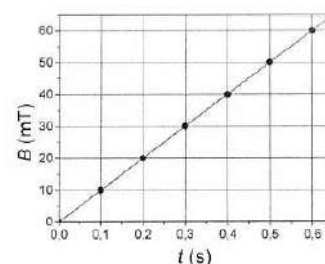
Resultat: c

10. Un solenoïde compost per 1.000 espires de 10 cm de diàmetre i d'una llargada total de 20 cm, és recorregut per un corrent de 3 A. Calcula el flux magnètic a través del solenoïde.

Resultat: 0,147 Wb

11. (PAU juny 09) En un circuit de 50 cm^2 de superfície, hi apliquem un camp magnètic perpendicular al pla que defineix el circuit. El seu mòdul varia amb el temps, tal com es representa en la gràfica.

- a. Determineu l'equació amb què s'obté la variació del camp magnètic en funció del temps.





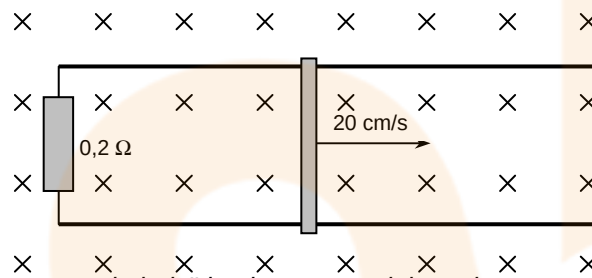
- b. Calculeu el valor de la força electromotriu induïda en el circuit.

Resultat: $B = 0,1 \cdot t$
 $5 \cdot 10^{-4} \text{ V}$

12. Un conductor recte de 10 cm de longitud es mou a una velocitat de 10 cm/s en direcció perpendicular a un camp magnètic uniforme de 2 T. Calcula la força electromotriu induïda en el conductor sabent que es manté perpendicular al camp magnètic.

Resultat: 0,02 V

13. Una resistència de 0,2 ohms uneix dos rails paral·lels que disten 5 cm i són en un camp magnètic uniforme de 0,1 T. Un conductor es desplaça recolzat als rails en direcció perpendicular a aquests i al camp a una velocitat de 20 cm/s. Calcula:



- a. La força electromotriu induïda als extrems del conductor.
b. La intensitat del corrent induït al circuit.

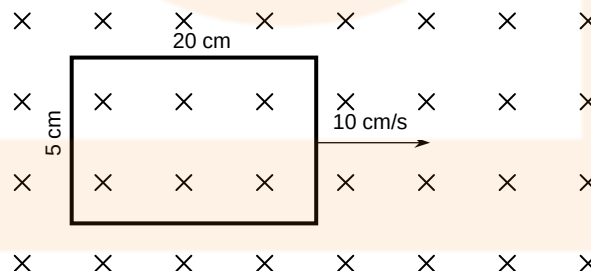
Resultat: 1 mV
5 mA

14. La distància entre els extrems de les ales d'un avió és de 30 metres. Calcula la força electromotriu induïda entre aquests extrems quan l'avió vola a una velocitat de 720 km/h en una regió en què el component vertical del camp magnètic terrestre és $4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Resultat: 0,24 V

15. Una espira rectangular de dimensions 5 cm i 20 cm amb una resistència de 6 ohms es mou a una velocitat de 10 cm/s en una direcció perpendicular a un camp magnètic uniforme de 1,5 T. Calcula:

- a. El sentit i el valor de la intensitat del corrent induït a l'espira mentre tota ella està dins del camp magnètic.
b. El sentit i el valor de la intensitat induïda mentre està sortint del camp magnètic.



Resultat: 1,25 mA

16. Una espira quadrada de 10 cm de costat gira al voltant d'un eix vertical en un camp magnètic uniforme horitzontal de 0,5 T. Calcula la velocitat angular a què ha de girar l'espira perquè s'indueixi una força electromotriu màxima de 5 V.

Resultat: 1.000 rad/s

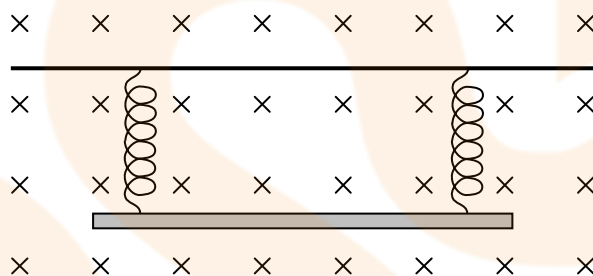
17. (PAU juny 08) En una experiència de laboratori, es mesura el flux magnètic a través de la superfície d'una espira i s'observa que varia amb el temps d'acord amb la taula següent:

Φ (Wb)	100	80	60	40	20	0	-20	-40	-60	-80	-100
t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- a. Dibuixeu el gràfic Φ -t i, d'acord amb aquest, deduiu el valor de la força electromotriu del corrent induït a l'espira.

Resultat: 20 V

18. Un conductor recte de 10 cm de longitud penja en posició horitzontal de dues molles iguals i oscil·la en un pla vertical amb un període de 0,2 segons i una amplitud d'1 cm en un camp magnètic uniforme de 2 T, horitzontal i perpendicular al conductor. Determina l'expressió de la força electromotriu induïda.



Resultat: $2\pi \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot \text{m}^2/\text{s} \cdot \cos(10\pi t)$

19. Una espira conductora de 10 cm de diàmetre és en un camp magnètic perpendicular al pla de l'espira. La inducció magnètica varia en funció del temps segons l'expressió $B = 5 + 2 \cdot t$ (t en segons, B en Teslas). Calcula la força electromotriu induïda.

Resultat: $5\pi \cdot 10^{-3} \text{ V}$

20. Una bobina composta de 30 espires quadrades de 10 cm de costat és en un camp magnètic variable amb el temps segons l'expressió $B = 3 \cdot t^2$ (unitats del SI). El pla de l'espira i el camp formen un angle de 60° . Calcula:

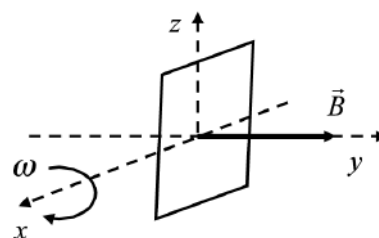
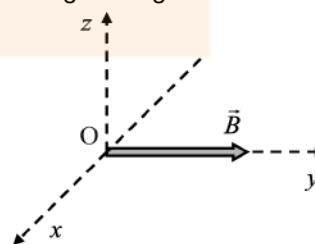
- a. El flux electromagnètic a través de l'espira.
b. La intensitat de corrent elèctric que circula per la bobina en l'instant $t = 2 \text{ s}$, sabent que la resistència elèctrica de la bobina és de 5 ohms.

Resultat: $0,78 \cdot t^2$
 $0,624 \text{ A}$

21. (PAU juny 10) En una regió àmplia de l'espai hi ha un camp magnètic dirigit en la direcció de l'eix y, de mòdul $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, tal com mostra la figura següent.

Calculeu:

- a. El mòdul i el sentit que ha de tenir la velocitat d'un electró que es mou en la direcció de l'eix x, perquè la força magnètica sigui vertical (eix z), de mòdul igual que el pes de l'electró i de sentit contrari.
b. Una espira quadrada de $0,025 \text{ m}^2$ de superfície gira, en la regió on hi ha el camp magnètic anterior, amb una velocitat angular constant de $100\pi \text{ rad/s}$, al voltant





d'un eix fix que passa per la meitat de dos dels seus costats oposats, tal com s'indica en la figura. Calculeu l'expressió de la força electromotriu induïda en funció del temps.

DADES: $m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_{\text{electró}} = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

Resultat: $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1,25 \cdot \pi \cdot 10^{-4} \sin(100 \cdot \pi \cdot t)$ (en V, si t en s)



Ones

1. Conceptes

1. (PAU juny 97) Raona si és certa o falsa aquesta afirmació: La velocitat d'una ona transversal en una corda té la mateixa direcció que la velocitat de les partícules de la corda.
2. (PAU juny 97) Es pot afirmar que l'efecte Doppler és una prova del caràcter corpuscular de la llum? Raona la resposta.
3. (PAU setembre 97) Quant avança una ona harmònica en un període? Quant triga a desplaçar-se una distància igual a la longitud d'ona? Raona les respostes.
4. (PAU setembre 97) En passar d'un medi a un altre, la llum varia de velocitat. Varia també la freqüència? I la longitud d'ona? Raona les respostes.
5. (PAU setembre 01) Si observem el fons d'una piscina, sembla que sigui menys profunda del que realment és. Raona si això és conseqüència:
 - a. De l'efecte Doppler.
 - b. De la refracció de la llum.
 - c. D'un fenomen d'interferències.
 - d. De la difracció de la llum.

Resultat: Opció b)
6. (PAU juny 98) Comenta breument en què consisteix la difracció de les ones i posa'n un exemple.
7. (PAU juny 07) Una ona harmònica es propaga per una corda tensa. Si la freqüència es redueix a la meitat, a) el període es redueix a la meitat, b) la velocitat de propagació es duplica, c) la longitud d'ona es duplica.
 Si es tracta d'una ona transversal, a) en un instant donat, tots els punts de la corda vibren amb la mateixa velocitat, b) l'ona es propaga a la velocitat constant de 340 m/s, c) l'ona vibra en una direcció que és perpendicular a la de propagació.

Resultat: c)
c)
8. (PAU setembre 99) Considera una ona harmònica descrita per l'equació $y = 0,3 \cos(\pi/6 x - \pi/3 t)$, en unitats del SI. En un punt fix de l'espai, quant de temps hem d'esperar perquè es repeteixi el mateix estat de pertorbació?

Resultat: 6 s
9. (PAU juny 00) Explica breument un fenomen relacionat amb la llum que pugui ser explicat satisfactòriament segons la teoria corpuscular de la llum però no segons la teoria ondulatoria.



10. (PAU setembre 00) Un raig de llum passa de l'aire a un vidre. Raona si cadascuna de les següents afirmacions referides al raig de llum són vertaderes o falses:

- Augmenta la freqüència.
- Augmenta el període.
- Disminueix la velocitat de propagació.
- Augmenta la longitud d'ona.

Dada: L'índex de refracció del vidre és més gran que el de l'aire.

Resultat: F, F, V i F

11. (OIF febrer 01) Una ona harmònica que viatja per un medi a 600 m/s, amb una longitud d'ona de 200 mm, penetra en un altre medi en el que la seva longitud d'ona és de 300 mm. La velocitat de l'ona en aquest segon medi és:

- 300 m/s
- 400 m/s
- 600 m/s
- 900 m/s

Resultat: d

12. (PAU setembre 00) L'equació d'una ona transversal és (en unitats de l'SI): $y = 0,4 \sin \pi (t/2 - x/4)$. Quant valdran l'elongació i la velocitat transversals del punt $x = 0$ a l'instant $t = 6$ s?

Resultat: 0 m
-0,62 m/s

13. (PAU setembre 00) L'equació d'una ona transversal harmònica en una corda és (en unitats de l'SI):

$$y = 0,03 \sin (10\pi x - 40\pi t)$$

Quina és la velocitat transversal d'un punt situat 0,1 m a la dreta de l'origen de coordenades en l'instant $t = 0,025$ s?

Resultat: -3,77 m/s

14. (PAU juny 03) L'equació d'una ona transversal, en unitats del SI, és $y = 0,04 \sin 2\pi (t/2 - x/4)$. Determina el període, la longitud d'ona, la freqüència i la velocitat de propagació.

Resultat: 2 s, 4 m, 0,5 Hz i 2 m/s

15. (PAU setembre 09) La corda del violí, en produir la nota la₃, vibra amb una freqüència de 440 Hz, i aquesta vibració es transmet a l'aire com una ona acústica de 5 mm d'amplitud.

- a. L'ona acústica generada per la corda del violí és descrita per l'equació

a) $y = 5 \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{44\pi}{17} t - 880\pi x\right)$

b) $y = 5 \cdot 10^{-3} \sin\left(440t - \frac{440}{340} x\right)$

c) $y = 5 \cdot 10^{-3} \sin\left(880\pi t - \frac{44\pi}{17} x\right)$

en què la y representa el desplaçament en la posició x . L'amplitud, el desplaçament, y , i la distància, x , s'expressen en metres i el temps, t , en segons.

- b. La distància mínima entre dos punts que estan en fase és de

- 0,773 m,
- 0,386 m,

c) 340 m.

DADES: La velocitat del so en l'aire és de 340 m/s.

Resultat: a.c
b.a

16. (PAU setembre 00) Enumera tres experiències a favor de la naturalesa ondulatoria de la llum i una que doni suport a la seva naturalesa corpuscular.

17. (OIF febrer 01) La polarització, com a fenomen ondulatori, s'aplica només a:

- a. Llum
- b. So
- c. Ones transversals
- d. Ones longitudinals

Resultat: a

18. (PAU juny 02) En què consisteix la difracció? Raoneu si aquest fenomen avala el caràcter ondulatori o el caràcter corpuscular de la llum.

19. (PAU juny 03) La velocitat del so a l'aigua és més gran que a l'aire. Quan una ona harmònica de so passa de l'aire a l'aigua:

- a. La seva freqüència augmenta, disminueix o queda inalterada?
- b. La seva longitud d'ona augmenta, disminueix o queda inalterada?

Justifica la resposta.

Resultat: Freqüència igual
Longitud d'ona augmenta

20. (OIF febrer 01) En incidir llum blava sobre un determinat metall d'una cèl·lula fotoelèctrica, s'estableix un corrent elèctric; també s'establirà si incideix:

- a. Ones de ràdio
- b. Microones
- c. Llum vermella
- d. Llum ultraviolada

Resultat: D

21. (PAU juny 08) En una cubeta d'ones generem ones de 20 Hz de freqüència i de 2 cm d'amplitud, de manera que tarden 5 s per a recórrer 10 m.

- a. La velocitat màxima de vibració dels punts de la superfície de l'aigua és a) 2 m/s, b) $0,8\pi$ m/s o c) 4 m/s.
- b. La diferència de fase entre dos punts sobre la superfície de l'aigua, situats en la mateixa direcció de propagació de l'ona i separats per una distància de 5 cm, en un instant determinat és a) $\pi/2$ rad, b) $\pi/4$ rad o c) π rad.

Resultat: a.b, b.c

22. (PAU juny 09) Una cubeta d'ones consisteix en un recipient amb aigua en què, mitjançant una punta que percudeix la superfície del líquid, es generen ones superficials. Regulem el percussor perquè colpegi l'aigua dues vegades per segon. Si l'ona triga 1,0 s a arribar al límit de la cubeta, situat a 30 cm del percussor, calculeu la longitud d'ona.

Resultat: 0,15 m



2. El moviment ondulatori

1. (PAU juny 97) Es fa vibrar una corda de 3,6 m de longitud amb oscil·lacions harmòniques transversals perpendiculars a la corda. La freqüència de les oscil·lacions és de 400 Hz i l'amplitud és d'1 mm. Les ones generades triguen 0,01 s a arribar a l'altre extrem de la corda.

- Calcula la longitud d'ona, el període i la velocitat de transmissió de l'ona.
- Escriu l'equació d'ona.
- Quant valen el desplaçament, la velocitat i l'acceleració màximes transversals?

Resultat: 0,9 m, 0,0025 s, 360 m/s
1 mm, 0,8π m/s, $640\pi^2$ m/s²

2. (PAU setembre 97) La longitud d'ona de la nota *la* a l'aire és de 0,773 m. Quines són la seva freqüència i la seva longitud d'ona a l'aigua? La velocitat del so a l'aire és de 340 m/s i a l'aigua d'1,44 km/s.

Resultat: 440 Hz
3,27 m

3. (PAU juny 98) En una cubeta d'ones s'origina un moviment ondulatori de longitud d'ona 0,75 m que tarda 25 s a recórrer 12 m. Quant valen el període i la freqüència d'aquesta ona?

Resultat: 1,56 s
0,64 Hz

4. (PAU juny 05) En una cubeta d'ones es generen ones transversals planes de 10 cm d'amplitud. El generador fa 10 oscil·lacions cada 5 s. La vora de la cubeta es troba a 60 cm de distància, i les ones tarden 1 s a arribar-hi. Determina:

- L'equació de les ones generades en la superfície de la cubeta (en unitats de l'SI).

Les ones fan oscil·lar un tap de suro de 5 g que es troba a la cubeta, amb un moviment vibratori harmònic. Calcula:

- L'energia cinètica del suro quan la seva elongació és de 5 cm.
- L'energia mecànica total del suro.

Resultat: $Y = 0,1 \cdot \sin \pi (6,67 \cdot x - 4 \cdot t)$
 $3,0 \cdot 10^{-3}$ J
 $3,9 \cdot 10^{-3}$ J

5. (PAU setembre 98) En el centre d'una piscina circular de 10 m de radi es genera una ona harmònica que tarda 5 s a arribar a la vora de la piscina. Durant aquest temps s'han observat 30 crestes en el focus del moviment. Calcula el període i la longitud d'ona d'aquest moviment ondulatori.

Resultat: 0,166 s
0,33 m

6. (PAU setembre 04) Un tren d'ones travessa un punt d'observació. En aquest punt, el temps transcorregut entre dues crestes consecutives és de 0,2 s. De les afirmacions següents, escull la que sigui correcta i justifica la resposta.

- La longitud d'ona és de 5 m.
- La freqüència és de 5 Hz.
- El període és de 0,4 s.
- Cap de les afirmacions anteriors no és correcta.

7. (PAU juny 99) L'equació d'una ona harmònica és, en unitats de l'SI,

$$y = 20 \cos \pi (20t - 4x).$$

- a. Quina és l'amplitud, la longitud d'ona, la velocitat de propagació i el període.

Resultat: 20 m; 0,5 m;
5 m/s; 0,1 s

8. (PAU juny 05) Una ona harmònica descrita per l'equació $y(x,t) = 2 \cos \pi (x - 2t)$, en unitats de l'SI, viatja per un medi elàstic.

- a. La velocitat de propagació de l'ona és de: a) 0,5 m/s. b) 1 m/s. c) 2 m/s.
b. La distància mínima entre dos punts en el mateix estat de pertorbació és de: a) 0,5 m. b) 2 m. c) 5 m.
c. L'amplitud de la pertorbació és de: a) 0,5 m. b) 1 m. c) 2 m.
d. La freqüència angular (o pulsació) és de: a) 2π rad/s. b) 2 rad/s. c) $\pi/2$ rad/s.
e. La velocitat màxima d'oscil·lació d'un punt afectat per la pertorbació és de: a) π m/s. b) 2π m/s. c) 4π m/s.

Resultat: a.c), b.b), c.c), d.a), e.c)

9. (PAU juny 00) Una ona harmònica de freqüència 550 Hz es propaga a una velocitat de 300 m/s. Quina és la distància mínima entre dos punts que en tot moment es troben en el mateix estat de vibració?

Resultat: 0,545 m

10. (PAU setembre 08) La Xarxa d'Instruments Oceanogràfics i Meteorològics (XIOM) fa servir boies marines per a estudiar l'onatge. De les estadístiques dels últims deu anys es pot extreure que, de mitjana, l'onatge a la costa catalana té una alçada (distància entre el punt més baix i el més alt de l'onada) de 70 cm i un període de 5 s. Escriviu l'equació del moviment d'una boia que es mou com aquesta onada mitjana.

Resultat: $Y = 0,35 \cdot \cos(0,4\pi t + \theta_0)$

11. (PAU juny 02) El focus emissor d'una ona harmònica vibra amb una freqüència de 20 Hz i una amplitud de 2 cm. Si la distància mínima entre dos punts que estan en fase és de 15 cm, quina serà la velocitat de propagació de l'ona?

Resultat: 3 m/s

12. (PAU juny 10) Una ona harmònica transversal es propaga per una corda a una velocitat de 6,00 m/s. L'amplitud de l'ona és 20 mm i la distància mínima entre dos punts que estan en fase és 0,40 m. Considereu la direcció de la corda com l'eix x i que l'ona es propaga en el sentit positiu d'aquest eix.

- a. Calculeu la longitud d'ona, el nombre d'ona, la freqüència, el període i la freqüència angular (pulsació).
b. Escriviu l'equació de l'ona sabent que, en l'instant inicial, l'elongació d'un punt situat a l'origen de coordenades és màxima. Calculeu l'expressió de la velocitat amb què vibra un punt de la corda situat a una distància de 10 m respecte de l'origen de la vibració. Quina és la velocitat màxima d'aquest punt?

Resultat: 0,4 m, 15,7 m⁻¹, 15 s⁻¹, 0,067 s i 94 rad/s

13. (PAU setembre 06) Fent servir un diapasó es genera una ona sonora unidimensional de 440 Hz de freqüència i 10 mm d'amplitud, que viatja en direcció radial des del focus emissor. La velocitat de propagació del so en l'aire, en les condicions de l'experiment, és de 330 m·s⁻¹. Determineu:

- a. L'equació del moviment de l'ona generada (en unitats de l'SI).
b. El desfasament en la vibració de dos punts separats 1,875 m en un mateix instant.



- c. La màxima velocitat de vibració (en unitats de l'SI) d'una molècula d'oxigen de l'aire que fa de transmissor de l'ona, que es troba a 1 m del diapasó.

Resultat: $y = 0,01 \cdot \cos 2\pi (4/3 \cdot x - 440 \cdot t)$
 π rad
 27,65 m/s

14. (PAU juny 03) Una estació de radar utilitza ones electromagnètiques de freqüència $3 \cdot 10^{10}$ Hz.

- a. Quantes longituds d'ona hi ha entre l'estació i un avió situat a 50 km de distància?
 b. Quant de temps transcorre des que s'emet un pols fins que retorna a l'estació, després de rebotar a l'avió?

Dada: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Resultat: $5 \cdot 10^6$
 $3,33 \cdot 10^{-4}$ s

15. (PAU juny 07) Una corda està unida per un extrem a una paret i està lliure per l'altre extrem. Fem vibrar l'extrem lliure harmònicament i es genera una ona transversal, descrita per l'equació

$$y = 4 \sin 2\pi(t/2 - x/4)$$

en què l'amplitud es mesura en centímetres mentre que el temps, t , i la distància, x , es mesuren en unitats del sistema internacional (SI). Calcula:

- a. La velocitat de vibració d'un punt de la corda que dista 5 m de l'extrem lliure, en l'instant $t = 3$ s.
 b. La diferència de fase entre dos punts de la corda que disten 1 m i 3 m de la paret, respectivament, en un mateix instant.
 c. Quant tardaria la vibració a arribar a la paret des de l'extrem lliure en què es genera, si la corda tingués una longitud de 10 m.

Resultat: 0
 π rad
 5 s

16. (PAU juny 10) Observem que dues boies de senyalització en una zona de bany d'una platja, separades una distància de 2 m, oscil·len de la mateixa manera amb l'onatge de l'aigua del mar. Veiem que la mínima distància en què té lloc aquest fet és, justament, la separació entre les dues boies. Comptem que oscil·len trenta vegades en un minut i observem que pugen fins a una alçada de 20 cm.

- a. Determineu la freqüència, la longitud d'ona i la velocitat de les ones del mar.
 b. Escriviu l'equació que descriu el moviment de les boies en funció del temps, si comencem a comptar el temps quan les boies són en la posició més alta. Escriviu l'equació de la velocitat de les boies en funció del temps.

Resultat: 0,5 Hz // 2 m // 1 m/s
 $y = 0,20 \cdot \sin (\pi \cdot t + \pi/2)$ (en m, si t en s)
 $v = 0,20 \cdot \pi \cdot \cos (\pi \cdot t + \pi/2)$ (en m/s, si t en s)

17. (PAU juny 09) L'equació d'una ona harmònica transversal que es propaga en una corda tensa de gran longitud és $y(x, t) = 0,03 \cdot \sin(2\pi t - \pi x)$, on x i y s'expressen en metres i t , en segons. Calculeu:

- a. La velocitat de propagació de l'ona, el període i la longitud d'ona.
 b. L'expressió de la velocitat d'oscil·lació de les partícules de la corda i la velocitat màxima d'oscil·lació.
 c. A l'instant $t = 2,0$ s, el valor del desplaçament i la velocitat d'un punt de la corda situat a $x = 0,75$ m.

Resultat: 2 m/s, 1 s i 2 m
 $0,19 \cdot \cos (2\pi t - \pi x)$ i $0,19$ m/s
 $-0,021$ m i $-0,13$ m/s





3. Fenòmens ondulatoris

1. (PAU setembre 03) Quina o quines de les magnituds següents varien quan un fotó passa d'un medi a un altre: la freqüència (f), la longitud d'ona (λ), la velocitat (v), l'energia (E)? Justifica les respostes.

Resultat: Varien v i λ .

2. (PAU setembre 98) Un raig lluminós que es propaga per l'aire arriba a la superfície de l'aigua amb un angle d'incidència de 15° , i es produeixen els fenòmens de reflexió i refracció. L'índex de refracció de l'aigua respecte l'aire és de $4/3$. Fes un dibuix esquemàtic de la situació i calcula els angles de reflexió i de refracció.

Resultat: 15° i $11,19^\circ$

3. (PAU juny 99) Quin és l'angle d'incidència mínim per al qual un raig de llum que es propaga per un vidre d'índex de refracció $n_v = 1,6$ es reflecteix totalment en arribar a la superfície de separació entre aquest vidre i l'aire. L'índex de refracció de l'aire és $n_a = 1$.

Resultat: $38,68^\circ$

4. (PAU setembre 99) Un raig de llum vermella que es propaga per l'aire incideix sobre un vidre amb un angle de 30° respecte la direcció normal en la superfície del vidre. L'índex de refracció del vidre per a la llum vermella val $n_v = 1,5$, i l'índex de refracció de l'aire val $n_a = 1$. Fes un esquema indicant les direccions dels raigs reflectit i refractat, i calcula el valor dels angles que formen aquests raigs amb la normal.

Resultat: 30° i $19,47^\circ$

5. (PAU juny 04) Un raig de llum vermella que es propaga per l'aire incideix sobre un vidre i forma un angle de 30° amb la direcció normal a la superfície del vidre. L'índex de refracció del vidre per a la llum vermella és $n_v = 1,5$ i el de l'aire és $n_a = 1$. Calcula l'angle que formen entre si el raig reflectit i el raig refractat.

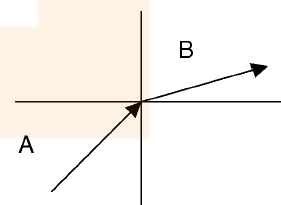
Resultat: $130,53^\circ$

6. (PAU juny 05) Una ona electromagnètica que es propaga en el buit té una longitud d'ona $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ m. Calcula la seva longitud d'ona quan penetra en un medi d'índex de refracció $n = 1,5$.

Resultat: $3,3 \cdot 10^{-7}$ m

7. (PAU reserva 04) La figura representa la propagació d'un raig de llum quan passa d'un medi a un altre. Enuncia la llei que regeix aquest fenomen físic i raona en quin dels dos medis (A o B) la llum es propaga amb més velocitat.

Resultat: $v_A < v_B$



8. (PAU setembre 08) Un raig de llum de color groc de 580 nm es propaga per l'aire a una velocitat de $3,0 \cdot 10^8$ m/s i incideix sobre un vidre que té un índex de refracció d' $1,55$ per a aquesta llum. Calculeu:

- La freqüència de la llum groga en l'aire i la seva velocitat de propagació en el vidre.
- La freqüència i la longitud d'ona de la llum groga en el vidre.



Resultat: $5,2 \cdot 10^{14}$ Hz i $1,9 \cdot 10^8$ m/s
 $5,2 \cdot 10^{14}$ Hz i $3,6 \cdot 10^{-7}$ m

9. La longitud d'ona del color groc està compresa entre 5.700 i 5.970 Å (angstrom).
 Calcula la freqüència i el període del color groc.

Nota: $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$

Resultat: $5 \cdot 10^{14}$ Hz
 $2 \cdot 10^{-15}$ s

10. La freqüència de les ones del mar durant un temporal és de 0,2 Hz i la longitud d'ona és de 20 metres. Calcula la velocitat de propagació, el nombre d'ona i escriu l'equació d'ona si sabem que l'alçada de les ones és de 5 metres.

Resultat: 4 m/s
 $0,314 \text{ m}^{-1}$
 $y = 5 \text{ m} \cdot \cos 2\pi(t/5 \text{ s} - x/20 \text{ m})$

11. Una ona transversal es propaga per una corda a una velocitat de 7,5 m/s. Si té una freqüència de 100 Hz i una amplitud de 0,2 m, escriu-ne la funció d'ona.

Resultat: $y = 0,2 \text{ m} \cos 2\pi(t/0,01 \text{ s} - x/0,075 \text{ m})$

12. La intensitat d'una ona sonora és dues vegades la intensitat d'una altra ona. Expressa en decibels la diferència de nivell d'intensitat sonora (sensació sonora) que hi ha entre totes dues.

Resultat: 3,01 dB

13. Una ona sonora harmònica té una freqüència d'1 kHz i una amplitud de 100 Å. Calcula'n la longitud d'ona i escriu l'equació d'ona.

Resultat: 0,34 m
 $y = 100 \text{ Å} \cos 2\pi(t/0,001 \text{ s} - x/0,34 \text{ m})$

14. Dos suros que floten en un estany d'aigua fan 8 oscil·lacions en 10 segons quan una ona hi arriba. Si sabem que la distància que hi ha entre ells és de 80 cm i que oscil·len en oposició de fase, calcula la velocitat de propagació de l'ona sobre la superfície de l'aigua.

Resultat: 1,28 m/s

15. L'equació d'ona en una corda és $y = 0,1 \text{ m} \sin (1,57 \text{ rad/s} \cdot t - 2,09 \text{ rad/cm} \cdot x)$ on x i y s'expressen en centímetres i t, en segons.

- En l'instant $t = 0 \text{ s}$, quin és el desplaçament dels punts $x = 1 \text{ cm}$ i $x = 10 \text{ cm}$?
- Quin és el desplaçament del punt $x = 10 \text{ cm}$ als instants $t = 0 \text{ s}$, $t = 1 \text{ s}$ i $t = 2 \text{ s}$?
- Escriu l'equació de la velocitat de vibració d'un punt de la corda.
- Calcula la velocitat màxima de vibració d'un punt de la corda i la velocitat de propagació de l'ona.

Resultat: -0,087 m
 -0,087 m, -0,046 m i 0,087 m
 $y = 0,157 \text{ m/s} \cos (\dots)$
 0,157 m/s i 0,75 cm/s

16. L'emissora RAC 105 emet des de Barcelona amb una freqüència de 105 MHz (dins de la banda de freqüència modulada o FM).

- Calcula el període i la longitud d'ona d'aquesta emissora.
- Quant temps tarda la música que emet en arribar-nos a Llagostera?

Resultat: $9,52 \cdot 10^{-9} \text{ s}$
 2,85 m
 0,33 ms



17. (PAU juny 01) L'oïda d'una persona és sensible als sons de freqüències compreses entre 30 Hz i 16.000 Hz. Quina serà la mínima longitud d'ona sonora en l'aire que serà capaç d'apreciar aquesta persona?

Velocitat de propagació del so a l'aire: 340 m/s

Resultat: 2,125 cm

18. La freqüència de la llum vermella en el buit és de $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz. Quina és la seva longitud d'ona?

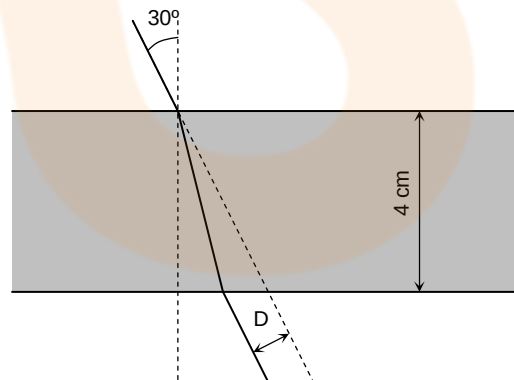
Resultat: 697 nm

19. (PAU setembre 05) Un raig de llum groga es propaga per un vidre i incideix a la superfície que separa el vidre de l'aire amb un angle de $30,0^\circ$ respecte a la direcció normal a la superfície. L'índex de refracció del vidre per a la llum groga és 1,60 i l'índex de refracció de l'aire és 1.

- L'angle que forma el raig refractat respecte a la direcció normal a la superfície de separació d'ambdós medis val: a) $60,0^\circ$. b) $18,2^\circ$. c) $53,1^\circ$.
- L'angle d'incidència màxim perquè el raig de llum groga passi a l'aire val: a) $45,0^\circ$. b) $38,7^\circ$. c) En aquest cas no pot haver-hi reflexió total. Passen a l'aire tots els raigs incidents amb independència de l'angle amb què incideixen.
- En passar del vidre a l'aire, la velocitat de propagació de la llum groga: a) Augmenta. b) Disminueix. c) No canvia.
- En passar del vidre a l'aire, l'energia dels fotons de llum groga: a) Augmenta. b) Disminueix. c) No canvia.
- En passar del vidre a l'aire, la longitud d'ona dels fotons de llum groga: a) Augmenta. b) Disminueix. c) No canvia.

Resultat: a.c), b.b), c.a), d.c), e.a)

20. Un raig de llum travessa una làmina de vidre plana de 4 cm de gruix en què ha incidit amb un angle de 30° . A causa de la refracció, quan en surt s'ha desplaçat una



distància D paral·lelament a ella mateixa. Si sabem que l'índex de refracció del vidre és 1,35, quina és la distància desplaçada?

Resultat: 0,62 cm

21. Un raig lluminós incideix sobre una superfície de vidre amb un angle d'incidència de 50° . Quin serà l'angle de refracció si l'índex de refracció és 1,5?

Resultat: $30,71^\circ$

22. L'índex de refracció del diamant és 2,5. Quin és l'angle límit de la llum que passa del diamant a l'aire?

Resultat: $23,58^\circ$

23. (PAU juny 09) Un experiment consisteix a fer penetrar un raig làser de llum vermella des de l'aire fins a l'interior d'un material que té un índex de refracció desconegut. Hem mesurat l'angle d'incidència, que és de 20° respecte de la normal, i l'angle de refracció, que és de $14,90^\circ$. Determineu l'índex de refracció d'aquest material.

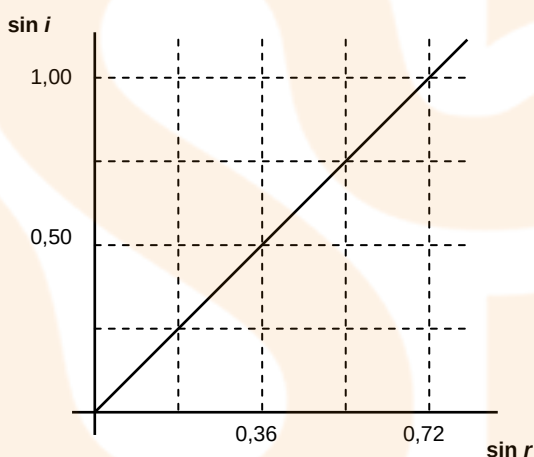
Resultat: 1,33

24. Un focus de llum és al fons d'un estany ple d'aigua ($n = 4/3$) a un metre de profunditat. Emet llum en totes direccions. A la superfície de l'aigua s'hi forma un cercle lluminós a causa dels raigs que es refracten en passar a l'aire. Fora d'aquest cercle els raigs es reflecteixen totalment i no surten a l'exterior. Calcula el radi d'aquest cercle.

Resultat: 1,13 m

25. (PAU juny 07) En una experiència de laboratori fem incidir un raig de llum vermella amb diferents angles d'incidència, i , sobre una làmina de vidre; mesurem els corresponents angles de refracció, r , i n'obtenim la gràfica adjunta. Quant val l'índex de refracció del vidre per a la llum vermella? A quina velocitat es propaga la llum vermella en aquest vidre?

Dades: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s



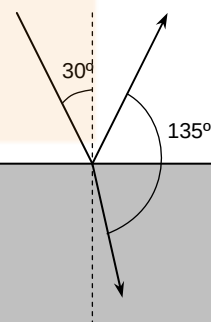
Resultat: 1,389
216.000 km/s

26. Els índexs de refracció de l'aigua i d'un vidre són 1,33 i 1,54 respectivament. Calcula l'angle límit entre el vidre i l'aigua.

Resultat: $59,72^\circ$

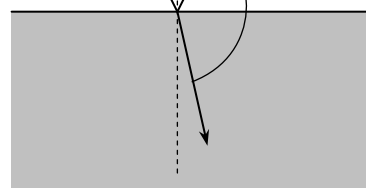
27. Quan l'angle d'incidència d'un raig sobre un material és de 30° , l'angle que formen els raigs reflectit i refractat és de 135° . Calcula l'índex de refracció d'aquest medi.

Resultat: 1,93



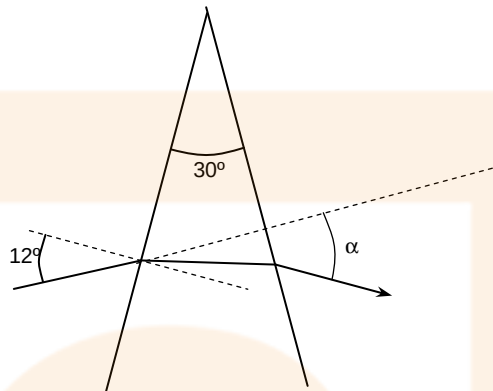
28. Un raig de llum travessa una làmina de vidre ($n = 1,5$) de cares planoparaleles, amb un angle d'incidència de 45° . El raig emergent després de travessar el vidre s'ha desplaçat paral·lelament a l'incident una distància de 0,18 cm. Quin és el gruix de la làmina?

Resultat: 0,54 cm





29. Tenim un prisma de 30° i índex de refracció per a la llum groga d'1,3. Un raig de llum groga incideix sobre una de les cares i forma un angle de 12° . Quin angle total α s'ha desviat el raig en travessar el prisma?



Nota: per resoldre aquest problema fes el dibuix correctament i molt ampliat. Has de tenir en compte relacions entre els angles i els triangles que es formen.

Resultat: $9,49^\circ$

30. (PAU setembre 08) La imatge d'un objecte produïda per un mirall pla és a) dreta, real, de la mateixa mida i simètrica respecte de la superfície del mirall. b) dreta, virtual, de la mateixa mida i simètrica respecte de la superfície del mirall. c) dreta, virtual, de mida diferent i simètrica respecte de la superfície del mirall.

Resultat: b

31. (PAU juny 05) Un mirall esfèric còncav té un radi de curvatura R . Dibuixa els diagrames de raigs necessaris per localitzar la imatge d'un objecte petit en forma de fletxa situat sobre l'eix del mirall, a una distància d de l'extrem del mirall, en els casos següents:

- a. $d = 2R$.
- b. $d = R/3$.

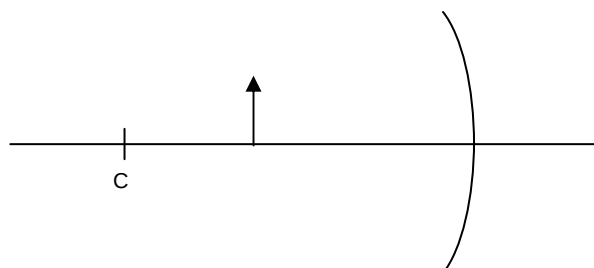
Indica en cada cas si la imatge és virtual o real, dreta o invertida, reduïda o ampliada.

Resultat: Real, invertida i reduïda
Virtual, dreta i ampliada

32. (PAU setembre 05) Considera un mirall esfèric convex. Dibuixa el diagrama de raigs necessari per localitzar la imatge d'un objecte petit en forma de fletxa situat davant del mirall, sobre el seu eix. Indica si la imatge és virtual o real, dreta o invertida, reduïda o ampliada.

Resultat: Virtual, dreta i reduïda

33. (PAU juny 07) Enumera les propietats (real o virtual, dreta o invertida, major o menor) de la imatge que ens retorna una cullera per la part còncava. Per a demostrar-les, dibuixa la marxa dels raigs i la imatge que s'obté de la fletxa en el mirall esfèric còncav de la figura. El punt C és el centre de curvatura del mirall.



Resultat: Real, invertida i major

34. (PAU setembre 09) Una lupa és una lent convergent que s'utilitza per a veure més grans els objectes propers. Feu la representació gràfica per a trobar la imatge que produeix una lupa quan situem un objecte en forma de fletxa entre la lent i el focus, perpendicularment a l'eix òptic de la lupa. Si volem veure la fletxa més gran respecte de la mida real, haurem situat bé la fletxa? La veurem dreta o invertida? La imatge serà real o virtual?

Resultat: Sí, dreta i virtual

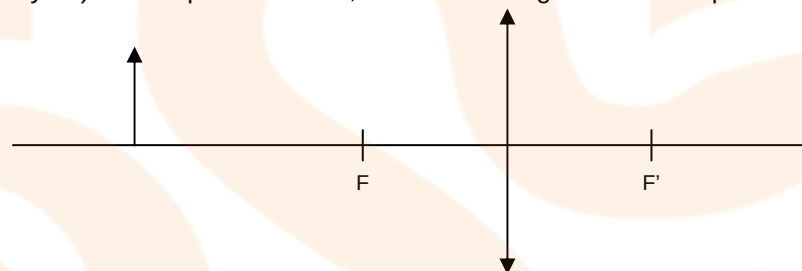
35. (PAU setembre 08) La imatge que forma una lent divergent i prima és sempre a) virtual, dreta i de mida més petita que l'objecte. b) dreta o invertida, segons el lloc on estigui situat l'objecte. c) virtual, dreta i de mida més gran que l'objecte.

Resultat: a

36. (PAU juny 09) Les persones miops utilitzen lents divergents. Les imatges que forma una lent divergent, comparades amb els objectes, són a) més petites i més pròximes. b) més grans i més llunyanes. c) Depèn de si es troben a una distància de la lent més gran o més petita que la distància focal.

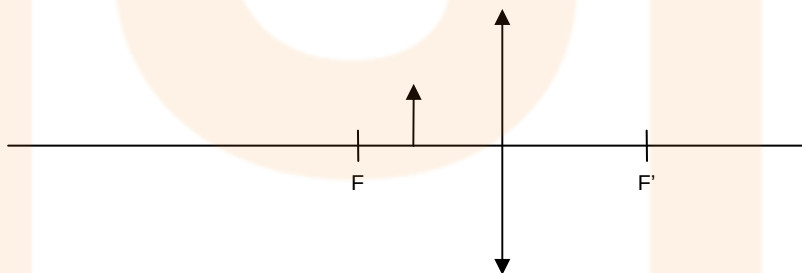
Resultat: a

37. (PAU juny 04) En l'esquema inferior, dibuixa la imatge de la fletxa produïda per la lent



fent la marxa de raigs corresponent. F i F' són els focus de la lent.

Repeteix el dibuix per al cas que la fletxa se situï entre el focus i la lent, com en l'esquema inferior.



38. Al llarg d'una corda de 0,8 m de longitud, subjecta pels dos caps, es propaga una ona harmònica de freqüència 25 Hz, i es formen ones estacionàries. S'observa que s'hi produeixen 5 nodes (dos d'aquests són els extrems de la corda). Quina és la velocitat de propagació de l'ona harmònica al llarg d'aquesta corda?

Resultat: 10 m/s

39. En una corda es propaga una ona harmònica de freqüència 40 Hz i velocitat de propagació 5 m/s. Si es formen ones estacionàries en reflectir-se l'ona en un extrem de la corda, quina serà la distància entre dos nodes consecutius?

Resultat: 6,25 cm

40. Una corda de guitarra té una longitud de 78 cm entre els seus dos extrems fixos.



- a. Amb quina velocitat es transmet l'ona que origina l'ona estacionària que es produeix quan oscil·la segons el seu primer harmònic, de freqüència 125 Hz?
- b. Quina és l'equació d'ona estacionària si l'amplitud de l'ona incident és de 0,8 cm?

Resultat: 195 m/s
 $y = 0,016 \sin 4,03 x \cos 785,4 t$

41. En un tub tancat d'1,25 metres de longitud es produeix un so que conté tots els harmònics. Si agafem un valor de 340 m/s per a la velocitat del so, calcula:

- a. La longitud d'ona i la freqüència del so fonamental.
- b. Les longituds d'ona i les freqüències corresponents a la resta d'harmònics.

Resultat: 2,5 m i 136 Hz
 2,5/n m i 136n Hz

42. Una corda de niló té una longitud d'1,15 metres i està subjectada pels seus extrems. Si generem una ona estacionària que conté 6 nodes, la corda vibra amb una freqüència de 325 Hz i una amplitud màxima de 2,3 cm.

- a. Amb quina velocitat es propaga per la corda?
- b. Quina és l'equació d'ona?

Resultat: 149,5 m/s
 $y = 0,023 \sin (100\pi x/23) \cos (650\pi t)$

43. Vull construir una flauta de manera que amb tots els forats tapats soni la nota Do de la cinquena octava (522 Hz).

- a. Calcula la mida que ha de tenir aquesta flauta.
- b. Quina seria la longitud si volgués construir una segona flauta de manera que el seu so més greu fos una octava inferior, és a dir el Do₄ (261 Hz corresponent a la meitat de 522 Hz).

Resultat: 0,32 cm
 0,64 cm

44. Dos focus puntuals, situats a 20 cm l'un de l'altre en la superfície de l'aigua, emeten ones circulars d'igual amplitud, freqüència i fase. La velocitat de propagació d'aquestes ones és de 60 cm/s i la seva freqüència de 20 Hz.

- a. Què passarà si les dues ones interfereixen en un punt situat a 20 cm d'un focus i a 12,5 cm de l'altre?
- b. I en un punt situat a 30 cm d'un focus i a 24 cm de l'altre?

Resultat: Node
 Ventre

45. (PAU juny 10) Cadascun dels extrems d'un diapasó presenta un moviment vibratori harmònic amb una freqüència de 1.000 Hz i una amplitud d'1 mm. Aquest moviment genera en l'aire una ona harmònica de so de la mateixa freqüència. El moviment dels dos extrems està en fase.

- a. Calculeu, per a un dels extrems del diapasó, l'elongació i la velocitat del seu moviment vibratori quan faci $3,3 \cdot 10^{-4}$ s que ha començat a vibrar, comptat a partir de la posició que correspon a la màxima amplitud.
- b. Raoneu si, en l'aire, es produiria el fenomen d'interferència a partir de les ones de so que es generen en els dos extrems del diapasó. Si s'esdevé aquest fenomen, indiqueu en quins punts es produiran els màxims d'interferència.

DADA: v_{so} a l'aire = 340 m/s.

Resultat: $-4,82 \cdot 10^{-4}$ m // -5,51 m/s
 $r_2 - r_1 = 0,340 \cdot n$ ($n=0, \pm 1, \pm 2 \dots$)

46. (PAU setembre 02) Un cotxe de bombers que està aparcant fa sonar la sirena. Una moto que circula a gran velocitat s'acosta al cotxe i el motorista percep un so més

agut que el propi de la sirena. Raona a quina de les causes següents es pot atribuir aquest fet:

- a. *L'ona sonora es refracta.*
- b. *El motorista rep més fronts d'ona per unitat de temps que un observador en repòs.*
- c. *El motorista rep menys fronts d'ona per unitat de temps que un observador en repòs.*
- d. *L'ona sonora està polaritzada.*

Resultat: b)

47. La locomotora d'un tren que s'acosta a una estació a 108 km/h emet un so continu de 250 Hz. Quina freqüència percep un observador en repòs a l'estació?

Resultat: 274 Hz

48. Un diapasó que vibra amb una freqüència de 450 Hz s'allunya a una velocitat de 6 km/h d'un observador fix.

- a. *Quina és la freqüència percebuda per aquesta persona?*
- b. *Quina seria la freqüència que percebria l'observador si fos ell i no el diapasó que s'allunyés a una velocitat de 6 km/h?*

Resultat: 447,80 Hz
447,79 Hz

49. Un camioner que circula a 90 km/h fa sonar la botzina, que emet un so de 300 Hz, en l'instant que passa per davant d'un noi que està quiet. Quina freqüència dels so percep aquesta persona quan el camió s'allunya?

Resultat: 279 Hz

50. El conductor d'un cotxe s'acosta a una fàbrica a 72 km/h mentre la sirena d'aquesta emet un so de 300 Hz.

- a. *Quina freqüència percep aquesta persona?*
- b. *Si va més enllà de la fàbrica, quina freqüència percep mentre se n'allunya?*

Resultat: 317,64 Hz
282,35 Hz

51. Un tren EuroMed travessa una estació sense reduir la seva velocitat. Quan s'acosta a l'estació comença a fer sonar el xiulet. El cap d'estació sent un so de 280 Hz de freqüència quan s'acosta el tren i de 240 Hz quan s'allunya.

- a. *Quina és la velocitat d'aquest tren?*
- b. *Quina és la freqüència del xiulet?*

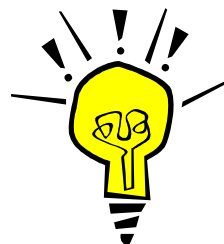
Resultat: 94 km/h
258,5 Hz

52. (PAU juny 00) Un ciclista es desplaça per una carretera rectilínia a velocitat constant. En aquesta carretera hi dos cotxes aturats, l'un davant i l'altre darrere del ciclista. Els cotxes tenen botzines idèntiques però el ciclista sentirà que el to (freqüència) de les dues botzines és diferent. Com s'anomena aquest efecte? Segons el ciclista, quin cotxe emetrà una freqüència més alta? Justifica la resposta.



4. La llum: dualitat ona-corpúscle

1. Calcula l'energia i la longitud d'ona d'un fotó de llum de 10^{15} Hz de freqüència.
Resultat: $6,625 \cdot 10^{-19}$ J
 $3 \cdot 10^{-7}$ m
2. Quina energia té un fotó de longitud d'ona de 6.000 Å?
Resultat: 2,07 eV
3. (PAU juny 04) Calcula el valor de la longitud d'ona associada a un fotó d'energia 3 keV.
Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $1 \text{ eV} = 1,609 \cdot 10^{-19}$ J.
Resultat: $4,13 \cdot 10^{-10}$ m
4. (PAU setembre 04) Calcula l'energia i la longitud d'ona d'un fotó de 1.015 Hz de freqüència. Dades: $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
Resultat: $6,72 \cdot 10^{-31}$ J
 $2,95 \cdot 10^5$ m
5. (PAU juny 06) Calcula el valor de la longitud d'ona d'un fotó d'energia 3 keV. Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3 \cdot 10^8$ m · s⁻¹, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ J
Resultat: $4,13 \cdot 10^{-10}$ m
6. (PAU setembre 06) Calculeu l'energia i la quantitat de moviment dels fotons de llum roja de longitud d'ona $\lambda = 600$ nm.
Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3 \cdot 10^8$ m · s⁻¹
Resultat: $3,3 \cdot 10^{-19}$ J
 $1,1 \cdot 10^{-27}$ kg · m/s
7. (PAU juny 05) Se sap que la sensibilitat més gran de l'ull humà correspon a la llum de longitud d'ona $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$ m. Determina l'energia i la quantitat de moviment dels fotons d'aquesta longitud d'ona.
Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
Resultat: $3,6 \cdot 10^{-19}$ J
 $1,2 \cdot 10^{-27}$ kg · m/s
8. (PAU juny 05) Entre dos punts A i B s'estableix una diferència de potencial $V_A - V_B = 120$ V. Un electró està situat al punt B, inicialment en repòs. Determina:
 - a. La velocitat amb què arriba al punt A.
 - b. La longitud d'ona de de Broglie de l'electró, corresponent a la velocitat anterior.Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s, $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Resultat: $6,5 \cdot 10^6$ m/s
 $1,1 \cdot 10^{-10}$ m
9. Si l'efecte fotoelèctric es produeix amb llum vermella, tindrà lloc amb llum groga? Raona la resposta.
Resultat: Sí



10. En un aparell es produeix l'efecte fotoelèctric amb llum blava. Es produirà aquest efecte amb llum groga? Per què?

Resultat: Potser sí o potser no, depèn de ...

11. Si la freqüència de radiació que incideix sobre una placa metàl·lica i que produeix efecte fotoelèctric es duplica, també es duplicarà l'energia cinètica dels electrons emesos? Raona la resposta.

Resultat: No

12. (PAU setembre 05) Un metall emet electrons per efecte fotoelèctric quan s'irradia amb llum blava, però no n'emet quan s'irradia amb llum ataronjada. Determina si emetrà electrons quan s'irradiï:

- Amb llum vermella.
- Amb llum ultraviolada.

Raona la resposta.

Resultat: No
Sí

13. Una llum de freqüència $6 \cdot 10^{14}$ Hz incideix sobre una superfície metàl·lica i en surten electrons amb una energia cinètica de $2 \cdot 10^{-19}$ J. Calcula el treball d'extracció dels electrons.

Resultat: $1,975 \cdot 10^{-19}$ J

14. En l'efecte fotoelèctric obtingut il·luminant potassi, l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons emesos és d'1,6 eV quan la llum incident és de 3.500 Å. Quina és l'energia llindar en eV?

Resultat: 1,95 eV

15. (PAU juny 03) Sobre l'efecte fotoelèctric:

- Explica breument en què consisteix l'efecte fotoelèctric.
- Suposa que en irradiar un metall amb llum blava es produeix l'efecte fotoelèctric. Discutiu si també es produirà quan irradiem el metall amb llum groga, sabent que la llum groga té una freqüència més baixa que la llum blava. Justifica la resposta.

16. Quan una superfície metàl·lica s'il·lumina amb llum de 180 nm (zona ultraviolada), aquesta emet electrons. Observem també que la freqüència llindar correspon a la llum de 230 nm.

- Calcula la velocitat màxima amb què surten els electrons al principi de l'experiment.
- Amb quin potencial invers han de ser frenats aquests electrons per impedir que arribin a l'ànode de la cèl·lula fotoelèctrica?

Resultat: $7,3 \cdot 10^5$ m/s
1,5 V

17. (PAU juny 08) Una radiació de llum ultraviolada, d'una freqüència d' $1,5 \cdot 10^{15}$ Hz, incideix sobre una làmina de coure de manera que es produeix efecte fotoelèctric. La freqüència mínima perquè es produeixi efecte fotoelèctric en aquest metall és $1,1 \cdot 10^{15}$ Hz.

- Calculeu l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons emesos.
- Expliqueu què passaria si la llum incident tingués una longitud d'ona de $3,0 \cdot 10^{-7}$ m.

DADES: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.



Resultat: $2,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

No es produirà efecte fotoelèctric

18. Per a un cert metall la longitud d'ona lliard és de 270 nm.

- Determina l'energia mínima necessària per arrencar un electró del metall.
- Quina serà la velocitat que, com a màxim, podran tenir els electrons emesos en aquest cas?

Si la llum amb què il·luminem fos de 200 nm,

- Quina seria la velocitat màxima a què sortien els electrons?

Resultat: $7,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

0 m/s

756,8 km/s

19. (PAU juny 10) Fem incidir radiació electromagnètica d'una freqüència determinada sobre un metall que té una freqüència lliard de $6,00 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$. Observem que l'energia cinètica màxima dels electrons emesos és $6,62 \cdot 10^{-17} \text{ J}$. Calculeu:

- La freqüència de la radiació electromagnètica incident.
- La longitud d'ona dels fotons incidents i la dels electrons emesos amb la màxima energia cinètica.

DADES: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Resultat: $1,60 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$

$1,88 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ i $6,01 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

20. L'energia mínima necessària per arrencar electrons del coure és de 4,4 eV. Quina serà la diferència de potencial que haurem d'aplicar per impedir la sortida d'electrons de coure si aquest s'il·lumina amb una llum de 150 nm de longitud d'ona?

Resultat: 3,88 V

21. (PAU setembre 09) Una font lluminosa emet llum monocromàtica de 550 nm amb una potència de 2 mW. Aquesta llum es fa incidir sobre un metall i es produeix efecte fotoelèctric. L'energia d'extracció mínima dels electrons del metall és 2,10 eV. Calculeu:

- L'energia cinètica màxima dels electrons extrets.
- El nombre de fotons que emet la font lluminosa en un minut.

DADES: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Resultat: $2,54 \cdot 10^{-20} \text{ J}$

$3,32 \cdot 10^{17}$ fotons

22. (PAU juny 01) Calcula l'energia cinètica màxima dels electrons emesos per una superfície metàl·lica quan hi incideixen fotons de longitud d'ona $\lambda = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. L'energia mínima per alliberar els electrons (treball d'extracció) és $W = 6,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Dades: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Resultat: $3,21 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

23. (PAU juny 09) Les radiacions UV tenen una longitud d'ona d'entre 15 i 400 nanòmetres, mentre que les radiacions IR tenen longituds d'ona compreses entre 0,75 i 1.000 μm . Si considerem que per a trencar un enllaç d'una molècula típica de les que es troben en un ésser viu és necessària una energia de $4,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, a) la molècula es pot trencar amb fotons de radiació IR de 100 μm , però no amb fotons de radiació UV de 100 nm. b) la molècula es pot trencar amb fotons de radiació UV de 100 nm, però no amb fotons de radiació IR de 100 μm . c) Cap de les opcions anteriors no és certa.

DADES: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Resultat: b

24. (OIF febrer 01) Una làmpada d'arc es disposa amb un dispositiu (filtre interferencial) que permet passar únicament llum de longitud d'ona igual a 400 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). En incidir aquesta llum sobre un metall extreu d'aquest un feix d'electrons. Canviem el filtre per un altre que permeti passar únicament llum de 300 nm, ajustant la làmpada perquè la intensitat de la llum incident sigui la mateixa que per la llum de 400 nm, aleshores:

- S'emeten un número més gran d'electrons en el mateix període de temps.
- Els electrons que s'emeten tenen energia més elevada.
- Els dos apartats anteriors són certs.
- Cap dels dos primers apartats és cert.

Resultat: b

25. Determina la longitud d'ona, la freqüència i la quantitat de moviment d'un fotó de 200 MeV d'energia i indica en quina zona de l'espectre es troba.

Resultat: $6,21 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 $4,8 \cdot 10^{22} \text{ Hz}$
 $1,06 \cdot 10^{-19} \text{ kg.m/s}$

26. Un electró i un fotó tenen, cadascun, una longitud d'ona de 2 Å. Quines són les seves quantitats de moviment?

Resultat: $3,3125 \cdot 10^{-24} \text{ kg.m/s}$

27. Són possibles els fenòmens d'interferència amb electrons? Raona la resposta.

28. Calcula la longitud d'ona de De Broglie associada a cada partícula:

- Una persona de 70 kg que es mou a 2 m/s.
- Un electró que es mou a 1.000 m/s.

Resultat: $4,7 \cdot 10^{-36} \text{ m}$
 $7,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

29. Per què té més poder de resolució el microscopi electrònic que l'òptic?



30. Quina és la longitud d'ona de De Broglie associada a un virus de 10^{-18} g de massa que es mou per la sang a una velocitat de 0,2 m/s?

Resultat: $3,3125 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

31. Quina longitud d'ona correspon a un protó que es mou a $2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ i a una bala de fusell de 5 g de massa que es mou a 100 m/s?

Resultat: $2,07 \cdot 10^{-14} \text{ m}$
 $1,325 \cdot 10^{-33} \text{ m}$

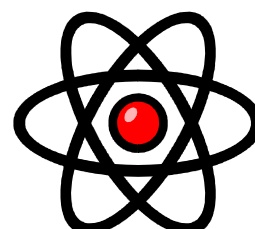
32. Un microscopi electrònic utilitza electrons accelerats a través d'una diferència de potencial de 40.000 V.

- Calcula l'energia subministrada a cada electró.
- Quina serà la velocitat de xoc dels electrons?
- Determina'n el poder de resolució suposant que és igual a la longitud d'ona de De Broglie associada als electrons.

Resultat: $6,4 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
 $1,186 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 $0,06138 \text{ Å}$

33. Calcula l'energia d'un fotó de longitud d'ona $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

Resultat: $3,975 \cdot 10^{-19} \text{ J}$





34. Una emissora de FM transmet amb una potència d'1 kW a una freqüència de 98 MHz. Quants fotons emet durant un segon?

Resultat: $1,54 \cdot 10^{28}$ fotons

35. Calcula la indeterminació en la quantitat de moviment i en la velocitat de l'electró de l'àtom d'hidrogen a la primera òrbita de Bohr. El radi és $0,529 \text{ \AA}$ i volem que la indeterminació en la posició sigui l'1% d'aquest radi. Expressa la indeterminació en la velocitat en funció de la velocitat de la llum, sense considerar efectes relativistes.

Resultat: $1,99 \cdot 10^{-22} \text{ kg.m/s}$
 $2,19 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 $0,73 c$

36. Calcula la indeterminació en la quantitat de moviment d'un neutró situat dins el nucli, si considerem que la posició és limitada en un entorn d' $1 \cdot 10^{-14} \text{ m}$ (grandària del nucli). Quina és la indeterminació en la velocitat?

Resultat: $1,055 \cdot 10^{-20} \text{ kg.m/s}$
 $6,296 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

Física nuclear

I. Física nuclear

1. Dibuixa els nuclis dels isòtops ${}^3\text{He}$, ${}^{14}\text{C}$ i ${}^{23}\text{Na}$.

2. Quins són els nombres Z, A i N dels isòtops 56 del ferro i 235 de l'urani?

Resultat: 26, 56, 30
92, 235, 143

3. A quin isòtop correspon el següent dibuix?



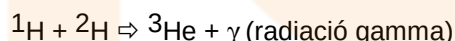
Resultat: ${}^9\text{B}$

4. Què li passa a un àtom d'un element radioactiu quan emet una partícula alfa? Raona la resposta.

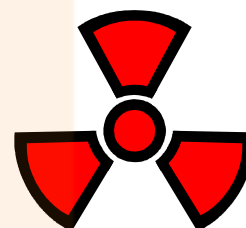
5. Què li passa a una àtom d'un element si el seu nucli captura un neutró? Raona la resposta.

6. Els neutrons són projectils molt adequats per produir transmutacions nuclears. Explica el perquè.

7. Considera la reacció nuclear següent:



Indica, raonant-ho, si la massa del nucli d'heli format és més gran, més petita o igual que la suma de les masses dels isòtops inicials.



8. Com podem explicar que els electrons i els positrons puguin ser emesos del nucli d'un àtom encara que no siguin dins seu?

9. En què es transforma un àtom si perd un electró dels seu embolcall? Si el nucli d'un àtom emet un electró, en què es transforma? Raona les respostes.

10. El potassi de la natura és format per una mescla de tres isòtops de nombres màssics 39, 40 i 41. Indica el nombre de protons i de neutrons que hi ha en el nucli de cada isòtop i el nombre d'electrons de l'escorça.

Resultat: 19 p, 19 e i 20, 21 i 22 n

11. La composició percentual d'isòtops dels nitrogen és la següent:



Nombre de massa	Massa isotòpica	% en àtoms
14	14,0031	99,6337
15	15,0001	0,3663

- a. *Calcula el pes atòmic de l'element nitrogen.*

Resultat: 14,007

12. Completa les reaccions nuclears següents:

- a. ${}^9\text{Be} + {}^4\text{He} \Rightarrow {}^{12}\text{C} + \dots + \gamma$
 b. ${}^{128}\text{I} \Rightarrow {}^{128}\text{Xe} + \dots + \gamma$
 c. ${}^{129}\text{Ba} \Rightarrow {}^{129}\text{Cs} + \dots + \gamma$
 d. ${}^{35}\text{Cl} + {}^1_0\text{n} \Rightarrow {}^{36}\text{S} + \dots + \gamma$
 e. ${}^{208}\text{Po} \Rightarrow {}^{204}\text{Pb} + \dots + \gamma$
 f. $\dots + {}^{222}\text{Rn} \Rightarrow {}^{226}\text{Ra} + \gamma$

13. Utilitza la taula de masses atòmiques per calcular l'energia d'enllaç i l'energia d'enllaç per nucleó del ${}^{12}\text{C}$ i també del ${}^{56}\text{Fe}$.

Resultat: 92,16 MeV
 7,68 MeV/nucleó
 488 MeV
 8,716 MeV/nucleó

14. Calcula l'energia necessària per treure un neutró del ${}^4\text{He}$.

Resultat: 20,58 MeV

15. Calcula els radis dels nuclis de ${}^6\text{O}$ i de ${}^{108}\text{Ag}$.

Resultat: $3,67 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 $15,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

16. L'isòtop estable del sodi és ${}^{23}\text{Na}$. Quin tipus de radioactivitat cal esperar del ${}^{22}\text{Na}$ i del ${}^{24}\text{Na}$? Raona-ho.

Resultat: β^- i β^+

17. Un isòtop radioactiu artificial té un temps de semidesintegració de 10 dies. Si es té una mostra de 25 mg d'aquest isòtop,

- a. *Quina quantitat es tenia ara fa un mes?*
 b. *Quina quantitat es tindrà d'aquí a un mes?*

Resultat: 200 mg
 3,13 mg

18. El ${}^{222}\text{Rn}$ té un període de semidesintegració de 3,9 dies. Si es disposa inicialment d'una mostra de 10 mg, quan queda d'aquest isòtop després de 7,8 dies?

Resultat: 2,5 mg

19. Suposant que la pèrdua de massa quan esclata una bomba de fissió de plutoni és al voltant del 0,05 %, calcula:

- a. *L'energia despresada quan esclata una bomba que conté 100 kg de plutoni.*
 b. *Quina massa de carbó, que tingui un poder calorífic de 32 kJ/kg, hauria de cremar per obtenir-ne la mateixa energia?*

Resultat: $4,5 \cdot 10^9 \text{ MJ}$
 $1,4 \cdot 10^{11} \text{ kg}$

20. El període de semidesintegració del radi és de 1.620 anys. Calcula el nombre de desintegracions per segon de 1 g de radi i demostra que aquesta velocitat de desintegració és aproximadament 1 Ci.

Resultat: $3,7219 \cdot 10^{10}$ àtoms/s

21. La velocitat de recompte en una mostra radioactiva és de 8.000 comptes/s en l'instant $t = 0$ s. Al cap de 10 minuts es detecten solament 1.000 comptes/s.

- Quin és el període de semidesintegració?
- Quina és la constant de desintegració?
- Quina velocitat de recompte es detectarà després d'un minut?

Resultat: 200 s
 $3,46 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
 6.498 comptes/s

22. Calcula l'energia de desintegració alfa pels nuclis de ^{226}Ra i de ^{242}Pu .

Resultat: 4,87 MeV
 6,99 MeV

23. Es mesura la velocitat de recompte en una font radioactiva cada minut. Les comptes per segon mesurades són 1.000, 820, 673, 552, 453, 371, 305, 250,... Dibuixa la velocitat de recompte en funció del temps i utilitza la gràfica per calcular el període de semidesintegració.

Resultat: 210 s



24. Sabem que el període de semidesintegració del ^{14}C és de 5.730 anys i un gram de carboni actual té una activitat de 920 desintegracions per hora. Una mostra de fusta conté 10 g de carboni i té una velocitat de desintegració del carboni 14 de 100 comptes/min. Quina és l'edat de la mostra?

Resultat: 3.530 anys

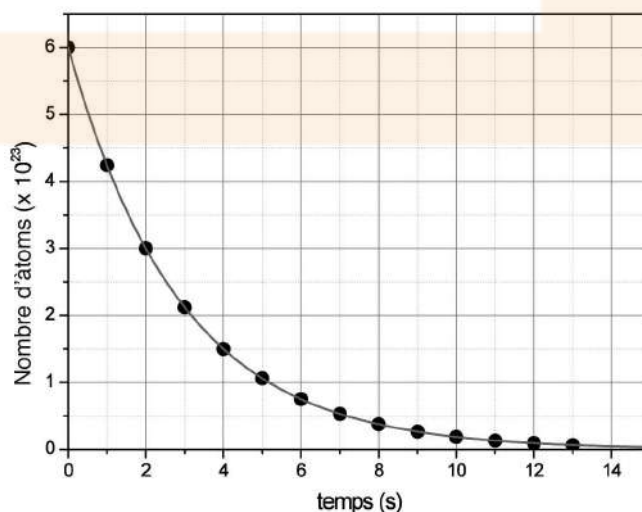
25. Se suposa que l'edat d'un os que conté 15 g de carboni és de 10.000 anys. Quina hauria de ser la velocitat de desintegració del ^{14}C d'aquest os?

Nota: Sabem que la proporció de l'isòtop 14 del carboni en una mostra de carboni natural és d' $1,326 \cdot 10^{-12}$ i que el seu temps de semidesintegració és de 5.730 anys.

Resultat: 3.515 desintegracions/h

26. (PAU juny 10) Per estudiar el procés de desintegració d'una mostra radioactiva que inicialment tenia $6,00 \cdot 10^{23}$ àtoms radioactius, hem mesurat en intervals d'un segon el nombre d'àtoms que encara no s'havien desintegrat. Els resultats obtinguts es representen en la gràfica següent:

- Quant val el període de semidesintegració d'aquesta mostra? Quants àtoms de la mostra inicial s'hauran desintegrat quan hagi transcorregut un temps de 15





s?

- b. Quant temps haurà de transcorrer perquè només quedi sense desintegrar un 5% de la mostra inicial?

Resultat: 2 s // $5,97 \cdot 10^{23}$ àtoms
8,63 s

27. Calcula l'energia que es desprèn en les reaccions següents:

- a. $2\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 3\text{He}$
b. $2\text{H} + 2\text{H} \rightarrow 3\text{He} + n$
c. $6\text{Li} + n \rightarrow 3\text{H} + 4\text{He}$

Resultat: 5,49 MeV 3,27 MeV
4,78 MeV

28. La massa atòmica del tori Th és 232 i el seu nombre atòmic és 90. Quan aquest es desintegra emet 6 partícules alfa i 4 partícules beta. Troba:

- a. La massa atòmica i el nombre atòmic del nucli final de la desintegració del tori.
b. Identifica l'isòtop final d'aquesta desintegració.

Resultat: 208 i 82
 ^{208}Pb

29. Per desintegració radioactiva el ^{239}Np emet una partícula beta. El nucli fill també és radioactiu i dona lloc a ^{235}U .

- a. Quina partícula s'emet simultàniament a la formació de ^{235}U ?
b. Quin nucli és el que s'ha format en el procés intermedi?

Resultat: Partícula alfa
 ^{239}Pu

30. Quan es bombardeja amb partícules alfa el carboni 12 es produeix una desintegració amb l'emissió d'un neutró. El nucli format és inestable i es desintegra emeten un positró. Quin és el nucli final d'aquesta reacció, així com el seu nombre i massa atòmica?

Resultat: ^{15}N

31. Si bombardegem amb neutrons el fluor 19 es forma un nou element amb emissió d'una partícula alfa.

- a. Quin és aquest nou element?
b. Quina és la seva massa atòmica?

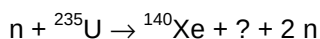
Resultat: Nitrogen
16

32. Formula la reacció nuclear hipotètica de conversió de quatre àtoms d'heli en un d'oxigen.

- a. Determina si aquest procés és exotèrmic o endotèrmic.
b. Calcula l'energia equivalent a la variació de massa que té lloc.

Resultat: Exotèrmic
14,43 MeV

33. Observa la reacció de fissió de l'urani següent, aconseguida per bombardeig amb un neutró.

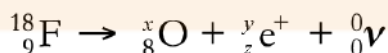


- a. Quin és l'isòtop desconegut?
b. Com calcularies l'energia obtinguda en aquest procés?

Resultat: ^{94}Sr

34. (PAU juny 10) La tècnica de diagnòstic a partir de la imatge que s'obté mitjançant tomografia per emissió de positrons (PET, positron emission tomography) es fonamenta en l'anihilació entre la matèria i l'antimatèria. Els positrons, emesos pels nuclis de fluor, ^{18}F , injectats al pacient com a radiofàrmac, s'anihilen en entrar en contacte amb els electrons dels teixits del cos i de cadascuna d'aquestes anihilacions es creen fotons, a partir dels quals s'obté la imatge.

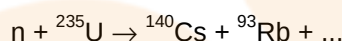
La desintegració d'un nucli de fluor, ^{18}F , es pot escriure mitjançant la reacció nuclear següent:



- Digueu quants neutrons i quants protons té aquest isòtop artificial de fluor, ^{18}F . Completeu la reacció nuclear, és a dir, determineu x , y i z .
- El període de semidesintegració del ^{18}F és 109,77 s. Calculeu el temps que ha de passar perquè quedi una vuitena part de la quantitat inicial de ^{18}F . Quin percentatge de partícules quedaran al cap d'una hora? Tenint en compte aquest resultat, digueu si podríem emmagatzemar gaire temps aquest radiofàrmac i justifiqueu-ho.

Resultat: 9 p⁺ i 9 n / $x=18$, $y=0$, $z=1$
329,21 s // $1,3 \cdot 10^{-8} \%$ // No

35. En un reactor nuclear de fissió de l'urani una de les reaccions que té lloc és la següent:



- Quants neutrons s'originen en cada procés de ruptura de l'urani?
- Calcula l'energia alliberada per la fissió d'un quilogram d'urani.
- Quantes bombetes de 100 W es podrien encendre durant un any amb aquesta energia?



Annexos

1. Masses atòmiques d'isòtops

Element	Símbol	Z	Massa atòmica (u)
Hidrogen	^1H	1	1,007 825
	^2H	1	2,014 102
	^3H	1	3,016 050
Heli	^3He	2	3,016 030
	^4He	2	4,002 603
Liti	^6Li	3	6,015 125
Bor	^{10}B	5	10,012 939
Carboni	^{12}C	6	12,000 000
	^{14}C	6	14,003 242
Oxigen	^{16}O	8	15,994 915
Sodi	^{23}Na	11	22,989 771
Potasi	^{39}K	19	38,963 710
Ferro	^{56}Fe	26	55,939 395
Coure	^{63}Cu	29	62,929 592
Plata	^{107}Ag	47	106,905 094
Or	^{197}Au	79	196,966 541
Plom	^{208}Pb	82	207,976 650
Poloni	^{212}Po	84	211,989 629
Radon	^{222}Rn	86	222,017 531
Radi	^{226}Ra	88	226,025 360
Urani	^{235}U	92	235,043 930
Urani	^{238}U	92	238,048 608
Plutoni	^{242}Pu	94	242,058 725

2. Dades i constants

Nom	Símbol	Valor
Velocitat de la llum en el buit	c	$2,99 \cdot 10^8$ m/s
Càrrega de l'electró	q_e	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ C
Unitat de massa atòmica	u	$1\ u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg $1\ u = 931$ MeV
Massa en repòs de l'electró	m_e	$5,4860 \cdot 10^{-4}$ u $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
Massa en repòs del protó	m_p	$1,0078$ u $1,6729 \cdot 10^{-27}$ kg
Massa en repòs del neutró	m_n	$1,0087$ u $1,6744 \cdot 10^{-27}$ kg
Constant de Planck	h	$6,625 \cdot 10^{-34}$ J.s
Nombre d'Avogadro	N_0	$6,023 \cdot 10^{23}$
Constant de gravitació universal	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$ N.m ² /kg ²
Massa de la Terra	M_T	$6 \cdot 10^{24}$ kg
Radi mitjà de la Terra	R_T	6.400 km
Distància mitjana Terra - Sol		$1,5 \cdot 10^{11}$ m
Radi del Sol	R_S	695.000 km
Massa del Sol	M_S	$2 \cdot 10^{30}$ kg
Distància mitjana Terra - Lluna		$3,84 \cdot 10^8$ m
Radi de la Lluna	R_L	1.740 km
Massa de la Lluna	M_L	$7,4 \cdot 10^{22}$ kg
Constant elèctrica del buit	$K_0 = 1/(4\pi\epsilon_0)$	$9 \cdot 10^9$ N.m ² /C ²
Constant dielèctrica del buit	$\epsilon_0 = 1/(4\pi K_0)$	$8,84 \cdot 10^{-12}$ C ² /(N.m ²)
Permeabilitat magnètica del buit	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A

3. Pàgines Web

Nota: El símbol ~ es pot obtenir amb la combinació de tecles **Alt Gr + 4** o bé amb la tecla **Alt** premuda i teclejant **126** del teclat numèric.

Una altra nota: No cal dir que seran ben rebudes les aportacions sobre pàgines interessants, sempre relacionades directament o indirecta amb el món de la Física. Moltes gràcies!

Generals

1. <http://www.fislab.net>

Pàgina web d'en Tavi Casellas elaborada durant una llicència d'estudis concedida pel Departament d'Educació de la Generalitat. Hi podràs trobar un conjunt d'applets que et permetran millorar, aprofundir, exercitar-te... alguns dels temes del currículum del batxillerat. També hi pots trobar aquesta col·lecció d'exercicis, les qüestions del Posa't a prova, algunes adreces webs d'interès...

2. <http://edu365.com>

Portal educatiu de la Generalitat de Catalunya adreçat especialment a pares i alumnes. Dins de la secció Alumnes | Batxillerat segur que hi trobaràs aspectes interessants (de Física i altres temes més generals com ara les PAU).

3. <http://www.explorescience.com>

Laboratori virtual amb experiències molt diverses agrupades segons la seva temàtica.

4. <http://www.scf-iec.org>

Pàgina de la Societat Catalana de Física (secció de l'Institut d'Estudi Catalans) on hi pots trobar tot el que es refereix a l'Olimpíada Internacional de Física: convocatòria, resultats, proves dels darrers anys ...

En aquest *Recull d'exercicis* hauràs trobat alguns problemes extrets d'aquestes olimpíades, són els que comencen per (OIF ...).

5. <http://members.es.tripod.de/pefeco/temas.html>

Desenvolupa teòricament molts temes de física però els complementa amb propostes d'experiències virtuals per millorar-ne la comprensió.

6. <http://pntic.mec.es>

Portal del Ministerio d'Educación y Ciencia. Cal triar l'opció *Laboratorio Virtual* per entrar a PRISMA que conté experiències virtuals adreçades a alumnes d'ESO i de Batxillerat.

7. <http://fisica2000.maloka.org>

Viatge interactiu a través de la Física Moderna



-
8. <http://www.xtec.es>

Pàgina adreçada especialment al professorat però hi podem trobar alguns recursos interessants anant a Àrees Temàtiques | Ciències de la Naturalesa (òptica, astronomia ...).

-
9. <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>

Applets Java de Física de totes les temàtiques. Molt interessant!

-
10. <http://www.astro.puc.cl/~aclocchi/como/como.html>

Com estudiar Física? Aquesta pàgina dóna un conjunt de recomanacions: com resoldre exercicis, com preparar els exàmens, com estudiar...

-
11. <http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/index.html>

Applets generals de Física.

Cinemàtica

-
1. <http://www.educaplus.org/movi/index.html>

Apartat de la pàgina d'EducaPlus dedicada exclusivament als moviments rectilinis. Incorpora applets per poder realitzar exercicis senzills de comprovació de la teoria.

Electricitat

-
1. <http://www.xtec.cat/~ocasella>

Un altre accés a la pàgina FisLab.net d'en Tavi Casellas. A la secció d'Applets hi podràs trobar el d'Electrostàtica amb l'objectiu d'ajudar als alumnes a consolidar conceptes i procediments d'Electrostàtica: camp elèctric, potencial elèctric, línies de força, línies equipotencials. Molt útil també per a l'autoaprenentatge i per l'autocorrecció de problemes.

Ones

-
1. <http://www.xtec.es/centres/a8019411/caixa/index.htm>

La Caixa de Música és una pàgina que complementa molt bé la teoria ondulatoria del so amb experiències virtuals. Permet acabar d'entendre conceptes com la longitud d'ona, la freqüència, els harmònics, la ressonància ... És molt interessant el desenvolupament sobre les escales musicals. No cal dir que tota la pàgina ve acompanyada de documents sonors que la il·lustren.

-
2. <http://www.xtec.es/~jlagares/fisica.htm>

Permet treballar dos temes. El primer la formació d'imatges a través d'una lent amb un applet molt senzill però alhora molt clar sobre la formació d'imatges (reals i

virtuals) en les lents convergents i divergents. El segon és un estudi sobre música, física i matemàtiques (que conté un oscil·loscopi virtual).

-
3. <http://www.educaplus.org/luz/index.html>

Pàgina web que permet estudiar i completar molts dels fenòmens relacionats amb la llum. Senzilla però completa.

-
4. <http://webphysics.davidson.edu/Applets/optics4/default.html>

Banc virtual d'òptica que permet simular qualsevol situació. Pots incorporar objectes, fonts de llum, miralls (plans i corbats), diafragmes...