



Generalitat de Catalunya
**Institut d'Educació Secundària
Montmeló**
Seminari de Física i Química

Dossier de Física 2n Batxillerat

Curs 05/06

Jaume Borbon

WEBS D'INTERÈS GENERAL

Ciència Recreativa:

<http://www.wsu.edu/DrUniverse/Contents.html>

<http://www.electronicmonk.com>

<http://freeweb.pdq.net/headstrong/>

<http://www.explorescience.com>

<http://www.lucent.com/ideas2/heritage/transistor/>

<http://www.auschron.com/mrpants/>

<http://www.mip.berkeley.edu/physics/index.html>

<http://ccwf.cc.utexas.edu/~vbeatty/origami/>

Revistes:

Physics Today

<http://www.aip.org.pt>

Physics Education

<http://www.iop.org>

Science Scope

<http://www.nsta.org/pubs/scope>

Investigación y Ciencia

<http://www.sciam.com/>

The Physics Teacher

<http://www.aapt.org/>

Enseñanza de las ciencias

<http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias>

El rincón de la Ciencia

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/rincon.htm>



WEBS DE FÍSICA

Mesures:

Practicant amb xifres significatives

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/sigfig/sig.htm>

Conversió d'unitats

<http://www.onlineconvrsin.com/index.htm>

Física en general:

La baldufa de la UPC

<http://baldufa.upc.es>

Física amb ordinador

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

40 applets de Walter Fendt (desembre 2001). Hi ha traducció al castellà

<http://home.a-city.de/walter.fendt/phe/phe.htm>

Col·lecció d'applets de Física, de la UB, en català

<http://www.ecm.ub.es/team/>

Universitat de València

<http://fiseo.uv.es/catala/applets.html>

Physic 2000, pàgina en castellà

<http://www.maoka.org/f2000/index.html>

Física re-Creativa: experiments virtuals de l'Argentina

<http://www.fisicarecreativa.com>

Laboratori virtual de física de NTNU, per Fu kWun Hwang de Taiwan.

<http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/indexH.html>

Les 1200 demostracions més importants en física Physical Sciences Resource Center

<http://www.psrc-online.org>

Moviment Harmònic Simple:

Experiències d'oscil·lacions forçades. Pont de Tacoma (animacions)
<http://members.aol.com/lagardesse/tacoma/>

Fotos del Pont de Tacoma
http://www.civeng.carleton.ca/Exhibits/Tacoma_Narrows/Dsmith/photos.html

Vídeo Tacoma amb Real Player
<http://www.gci.ulaval.ca/cours/gci20535/tacoma.html>

Vídeo Tacoma
<http://www.eicn.ch/anex/tcoma.htm>

Historia pont Tacom
<http://www.tacomannarrowsbridge.com/>
<http://www.ketchum.org/bridgecollapse.html>

Ones:

Efecte Doppler
<http://www.phy.nau.edu/~layton/JavaApps/mousewave/FmouseWavehtml>
<http://library.thinkquest.org/19537/java/Doppler.html> (provar amb Explorer)

Camp elèctric:

Línies de camp
<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/kap18/RR447app.htm>

Càrregues i camps:

<http://www.colorado.edu/physics/PhysicsInitiative/Physics2000.05.98/applets/nforcefield.html>

Camp gravitatori, Satèl·lits:

<http://liftoff.msfc.nasa.gov/RealTime/Jtrack/3D/Jtrack3d.html>

Simulador lleis de Kepler (en anglès):

http://observe.ivv.nasa.gov/nsa/education/reference/orbits/orbit_sim.html

Simulador sistema solar (en anglès):

<http://web.cuug.ab.ca/~kmclary/scale.html>

1. Una partícula descriu un moviment vibratori harmònic donat per l'expressió $x = 3 \cdot \cos(5\pi t + \pi)$, en unitats SI. Calculeu: a) la freqüència i el període; b) l'amplitud; c) la posició on es troba a l'instant $t = 0$ s i a l'instant $t = 0,5$ s; d) l'expressió de la velocitat; e) la velocitat màxima; f) l'instant de temps en què assoleix la velocitat màxima; g) l'instant de temps en què assoleix velocitat nul·la.

$$R: (2,5 \text{ Hz}, 0,4 \text{ s}) (3 \text{ m}) (-3 \text{ m}; 0 \text{ m}) (-15\pi \sin(5\pi t + \pi) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) (\pm 15\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) ((2n-3)T/4 \text{ s}) ((n-1)T/2 \text{ s})$$

2. Una partícula que descriu un moviment vibratori harmònic es troba en repòs a una distància de 6 cm de la seva posició d'equilibri a l'instant $t = 0$ s. El seu període és de 2 s. Escriviu les expressions de les seves posició, velocitat i acceleració.

$$R: (y = 0,06 \cdot \sin(\pi t + \pi/2), v = 0,06\pi \cdot \cos(\pi t + \pi/2), a = -0,06\pi^2 \cdot \sin(\pi t + \pi/2))$$

3. En un moviment periòdic l'acceleració ve donada per $a = -4\pi^2 y$. Si l'amplitud del moviment és de 0,6 m, i s'ha començat a comptar el temps quan l'acceleració era màxima, calculeu: a) la posició i la velocitat en funció del temps; b) la velocitat quan la posició es $y = +0,2$ m.

$$R: (y = 0,6 \cdot \sin(2\pi t + \pi/2) \text{ m}, v = 1,2\pi \cdot \cos(2\pi t + \pi/2) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) (\pm 3,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$$

4. Una partícula descriu un moviment vibratori harmònic d'amplitud 10 cm, tot efectuant 50 oscil·lacions cada minut. En el cas que, per a $t = 0$, es trobi en el punt central del seu recorregut amb velocitat positiva, determineu: a) El període d'aquest moviment; b) la posició i la velocitat en funció del temps; c) la posició de la partícula quan la seva velocitat és $0,37 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$R: (1,2 \text{ s}) (y = 0,1 \cdot \sin(5\pi/3t) \text{ m}; v = \pi/6 \cdot \cos(5\pi/3t) \text{ s}) (x = 0,071 \text{ m})$$

5. El desplaçament d'una partícula ve donat per $x = 0,3 \cos(2t + \frac{\pi}{6})$ on x és expressat en metres i t en segons. a) Quant valen la freqüència, el període, l'amplitud, la freqüència angular i el desfasament del moviment?. b) On es troba la partícula quan $t = 1$ s?. c) Trobeu la velocitat i l'acceleració en un instant qualsevol t . d) esbrineu la posició i la velocitat inicials de la partícula.

$$R: (0,318 \text{ Hz}; 3,14 \text{ s}; 0,3 \text{ m}; 2 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}; \pi/6 \text{ rad}) (-0,24 \text{ m}) (v = -0,6 \sin(2t + \frac{\pi}{6}) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; a = -1,2 \cos(2t + \frac{\pi}{6}) \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$$

6. La posició d'una partícula ve donada per $x = 5 \cos 4\pi t$ on x és expressat en cm i t en segons. a) Quant valen la freqüència, el període i l'amplitud del moviment de la partícula?. b) Quina és la primera vegada després de $t = 0$ que la partícula es troba en la seva posició d'equilibri?. c) En quina direcció es mou en aquell instant?.

$$R: (4 \text{ Hz}; 1 \text{ s}; 5 \text{ cm}) (0,125 \text{ s}) (\text{de tornada})$$

7. Una partícula té un desplaçament de $x = 0,4 \cos(3t + \frac{\pi}{4})$ on x està en metres i t en segons. a) Esbrineu la freqüència i el període del moviment. b) On es troba la partícula quan $t = 0$ s i $t = 0,5$ s?.

$$R: (0,48 \text{ Hz}; 2,09 \text{ s}) (0,28 \text{ m}; -0,26 \text{ m})$$

8. Una partícula de massa m parteix del repòs des de $x = +25$ cm i oscil·la al voltant de la seva posició d'equilibri en $x = 0$ amb un període d'1,5 s. a) Escriviu les equacions per a la posició x , la velocitat v i l'acceleració a en funció de t . b) Trobeu la velocitat màxima i l'acceleració màxima de la partícula. c) Quin és el primer instant en què la partícula es troba en $x = 0$ movent-se cap a la dreta?

$$\text{R: } \left(x = 0,25 \cos\left(\frac{4\pi}{3}t\right) \text{ m}; v = -\frac{\pi}{3} \sin\left(\frac{4\pi}{3}t\right) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; a = -\frac{4\pi^2}{9} \cos\left(\frac{4\pi}{3}t\right) \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \right) (1,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 4,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) (1,13 \text{ s})$$

9. Una partícula es mou en una circumferència de 40 cm de radi amb una velocitat constant de $80 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. a) Esbrineu la freqüència i el període del moviment. b) Escriviu una equació per al component x de la posició de la partícula en funció del temps t , suposant que la partícula està sobre l'eix positiu de les x en l'instant $t = 0$.

$$\text{R: } (0,32 \text{ Hz}; 3,14 \text{ s}) (x = 0,15 \cos 2t \text{ m})$$

10. Una partícula es mou en una circumferència de 15 cm de radi, fent una revolució cada 3 s. a) Quant val la seva velocitat?. b) Quant val la velocitat angular ω ?. c) Escriviu l'equació per al component x de la posició de la partícula en funció del temps t , suposant que en $t = 0$, la partícula es troba sobre l'eix positiu de les x .

$$\text{R: } (0,314 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) (2\pi/3 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}) (x = 0,15 \cos 2\pi t/3 \text{ m})$$

11. Un ciclista parteix del repòs en un velòdrom circular de 50 m de radi i va movent-se amb moviment uniformement accelerat, fins que als 50 s d'iniciada la seva marxa, copsa una velocitat de $36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; des d'aquest moment conserva la seva velocitat. Calculeu: a) les acceleracions tangencial i angular en la primera etapa del moviment; b) l'acceleració normal i l'acceleració total en el moment de complir-se els 50 s; c) la longitud de pista recorreguda en els 50 s; d) les velocitats lineal i angular mitjanes en la primera etapa del moviment; e) el temps que triga a donar una volta a la pista, amb velocitat constant; f) el nombre de voltes que dóna en 10 minuts comptats des que inicià el moviment.

$$\text{R: } (0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 0,004 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}) (2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 2,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) (250 \text{ m}) (5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 0,1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}) (31,4 \text{ s}) (18,3 \text{ voltes})$$

12. Un mòbil descriu una trajectòria circular de 1 m de radi 30 vegades per minut. Calculeu: a) el període; b) la freqüència; c) la velocitat angular; d) la velocitat lineal i l'acceleració normal d'aquest moviment.

$$\text{R: } (2 \text{ s}) (0,5 \text{ Hz}) (3,14 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}) (3,14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 9,87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$$

13. Trobeu la velocitat angular d'una centrifugadora l'acceleració de la qual és 6 vegades el valor de l'acceleració de la gravetat. El radi de gir és de 15 cm.

$$\text{R: } (19,8 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1})$$

14. Les rodes d'un cotxe fórmula 1 giren a 1800 rpm. Calculeu la velocitat del cotxe en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, tot sabent que les rodes tenen 70 cm de diàmetre.

$$\text{R: } (237 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1})$$

15. Un volant parteix del repòs i en 5 s adquireix una velocitat angular de $40 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculeu la seva acceleració angular, suposada constant, i el nombre de voltes que ha donat.

$$\text{R: } (8 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}) (50/\pi \text{ voltes})$$

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

16. Una partícula oscil·la amb moviment harmònic simple d'amplitud 2 cm i freqüència 10 Hz. Calculeu: a) la velocitat i acceleració màximes d'aquest moviment; b) la velocitat i acceleració quan $t = 1/120$ s. Tot suposant que la fase inicial és nul·la.
R: $(0,4\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 8\pi^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(-0,2\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; -4\pi^2\sqrt{3} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$
17. Una massa de 2 kg penja verticalment d'una molla fixada al sostre, tot oscil·lant amb un MHS a raó de $9,90 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Si inicialment es troba en la posició $y = 3$ cm amb una velocitat $v = -25 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, esbrineu l'amplitud i la constant de fase del seu moviment.
R: (1,55 rad) (0,03 m)
18. L'acceleració d'un moviment queda determinada per l'expressió $a = -16\pi^2 x$, on a està en $\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$ i x en cm. Tot sabent que el desplaçament màxim és de 4 cm i que s'ha començat a comptar el temps quan l'acceleració adquireix el seu valor absolut màxim, en els desplaçaments positius, determineu: a) l'equació del desplaçament per a qualsevol instant; b) la velocitat i acceleració màximes; c) la velocitat i acceleració quan el desplaçament és la meitat del màxim.
R: $(x = 0,04\cos 4\pi t)$ $(0,16\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 0,64\pi^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(-0,44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; -3,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$
19. Un punt material descriu uniformement una trajectòria circular de radi 1 m, donant 30 voltes a cada minut. Calculeu el període, la freqüència, les velocitats lineal i angular i l'acceleració normal d'aquest moviment.
R: (2 s) (0,5 Hz) $(\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; \pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1})$ $(\pi^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$
20. Un volant de 0,2 m de diàmetre gira al voltant del seu eix a 3000 rpm. Un fre l'atura en 20 s. Calculeu: a) l'acceleració angular, suposada constant; b) el nombre de voltes donades pel volant fins que s'atura; c) les acceleracions tangencial, normal i total d'un punt de la seva perifèria, un cop donades 100 voltes.
R: $(-5\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2})$ (500 voltes) $(-0,5\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 800\pi^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 800\pi^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$
21. Dos mòbils parteixen simultàniament del mateix punt i en el mateix sentit tot recorrent una trajectòria circular. El primer està animat de moviment uniforme de velocitat angular $2 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ i el segon, fa el seu recorregut amb acceleració angular constant de $1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$. Quant de temps trigaran a reunir-se novament i quin angle hauran descrit en aquest instant?. La circumferència sobre la qual es mouen els mòbils és de 2 m de radi. Quina velocitat té cadascun dels mòbils quan es troben?. I quina acceleració tangencial?. I quina acceleració normal?. I quina acceleració resultant i en quina direcció?.
R: (4 s; 8 rad) $(4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$ $(0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 2\sqrt{257} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$
22. Una bola lligada amb un cordill es mou en un cercle horitzontal de radi 2 m, i fa una volta cada 3 s. Determineu la seva acceleració.
R: $(8,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$

23. Un cotxe pren un revolt de 30 m de radi. Si la màxima acceleració centrípeta que pot fer la fricció és $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, quin és el màxim valor de la velocitat del cotxe en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$?
R: ($44 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)
24. Una partícula viatja seguint una trajectòria circular de 5 m de radi amb una velocitat constant de $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quin és el valor de l'acceleració?
R: ($0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
25. Un pilot d'avió inicia un picat seguint un arc circular de 300 m de radi. En el punt més baix de l'arc, el valor de la velocitat és de $180 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Quina és la direcció i el valor de la seva acceleració?
R: ($8,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
26. Un xicot fa rodar una pilota lligada a una corda descrivint una circumferència d'1 m de diàmetre. Quantes voltes per minut pot fer si l'acceleració dirigida cap al centre té el mateix valor que l'acceleració de la gravetat?
R: (42 rpm)

QÜESTIONS

- 27.Q. Quant es mou en un període complet una partícula que oscil·la amb amplitud A ? Quant val el seu desplaçament al cap d'un període?
- 28.Q. Si sabeu que la velocitat d'un oscil·lador d'amplitud A és zero en certs instants, podeu dir exactament quant val el seu desplaçament en aquests instants?
- 29.Q. Quant val el valor de l'acceleració d'un oscil·lador d'amplitud A i freqüència f quan la seva velocitat és màxima?. I quan el seu desplaçament és màxim?
- 30.Q. Poden l'acceleració i el desplaçament d'un oscil·lador harmònic simple tenir mai el mateix sentit?. I l'acceleració i la velocitat?. I la velocitat i el desplaçament?. Expliqueu per què.
- 31.Q. Habitualment negligim la massa de la molla en estudiar el moviment d'un objecte unit a ella. Descriviu qualitativament quin efecte tindria la massa si no la negligíssim.
- 32.Q. Un satèl·lit es mou amb una velocitat de valor constant tot seguint una fórmula circular al voltant del centre de la Terra i prop de la superfície. Si l'acceleració és $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, quin és el valor de la velocitat?. Quant triga a fer una revolució completa?
- 33.Q. Un cotxe viatja amb velocitat constant v seguint una trajectòria circular de radi r :
a) Si doblem v , com afecta això l'acceleració a ?
b) Si doblem r , com afecta això l'acceleració a ?

CRITERIS DE SIGNES

1. Aplicació de la segona llei de Newton a moviments rectilinis:

L'equació general $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ s'aplica a dues direccions i tenim:

1.1. En la direcció del moviment: $\sum F_{dir.mov.} = m \cdot a$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} a \left\{ \begin{array}{l} \text{POSITIVA en mov. accelerats} \Rightarrow F \\ \text{NEGATIVA en mov. desaccelerats} \Rightarrow F \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{POSITIVA si té el mateix sentit que } a \\ \text{NEGATIVA si té sentit contrari que } a \\ \\ \text{POSITIVA si té sentit contrari que } a \\ \text{NEGATIVA si té el mateix sentit que } a \end{array} \right.$$

1.2. En la direcció perpendicular al moviment: $\sum F_{dir.\perp mov.} = 0$

$$\diamond F \left\{ \begin{array}{l} \text{POSITIVA en un sentit} \\ \text{NEGATIVA en sentit contrari} \end{array} \right.$$

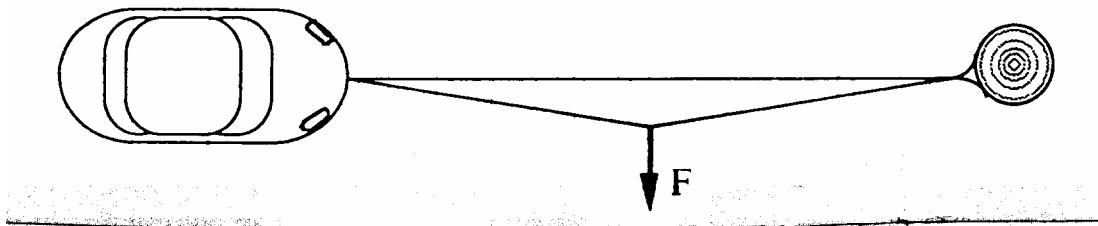
2. Aplicació de la segona llei de Newton a moviments circulars uniformes:

En aplicar l'equació general $\sum F_{dir.radi} = m \cdot a_n$ tindrem en compte:

$$\diamond a_n \text{ sempre POSITIVA} \Rightarrow F \left\{ \begin{array}{l} \text{POSITIVA si té sentit radial cap al centre del cercle} \\ \text{NEGATIVA si té sentit radial cap enfora del cercle} \end{array} \right.$$

EXERCICIS

34. Es vol arrossegar sobre una superfície tova un cotxe que no funciona. El conductor, que està sol, disposa d'una corda llarga i forta. La lliga a un arbre i estira d'ella lateralment com es veu a la figura. Determineu la força exercida per la corda sobre el cotxe quan l'angle θ és 3° i s'estira amb una força de 400 N.



R: (3821 N)

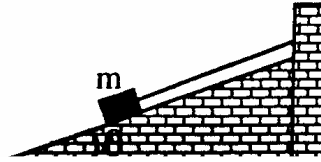
35. Una grua manté penjat un contenidor de massa 1,4 tones. Determineu la tensió del cable de la grua en els següents casos:
- puja el contenidor amb una acceleració constant de $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
 - el baixa amb la mateixa acceleració;
 - el manté penjat en repòs;
 - el puja amb velocitat constant d' $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- R: ($1,54\cdot 10^4 \text{ N}$) ($1,21\cdot 10^4 \text{ N}$) ($1,37\cdot 10^4 \text{ N}$) ($1,37\cdot 10^4 \text{ N}$)

36. Un home es troba sobre una bàscula situada en un ascensor que posseeix una acceleració ascendent a . L'escala de la bàscula marca 960 N. En agafar una caixa de 20 kg, l'escala marca 1200 N.
- Calculeu la massa de l'home, el seu pes i l'acceleració de l'ascensor.
 - Determineu què marcaria la bàscula amb l'home al damunt si l'ascensor baixés amb la mateixa acceleració que abans.
 - Què marcaria la bàscula si el cable de l'ascensor es trenqués, els sistemes de seguretat no funcionessin i l'ascensor caigués lliurement?
- R: (80 kg; 785 N; $2,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) (610 N) (0 N)

37. Enrotllada a una politja d'1 dm de radi, la massa i fregament de la qual són negligibles, hi ha una corda d'un extrem de la qual penja una massa de 2 kg i a l'altre extrem una massa de 4 kg. Calculeu:
- l'acceleració amb què es mouen les masses si es deixa el sistema en llibertat;
 - l'acceleració angular de la politja;
 - la tensió de la corda;
 - el temps que triguen els cossos a desnivellar-se 6 m, si inicialment es trobaven a la mateixa altura.
- R: ($3,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) ($32,7 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$) (26,2 N) (1,92 s)

38. Per al bloc de la figura, $m = 29,2 \text{ kg}$ i $\theta = 30^\circ$.

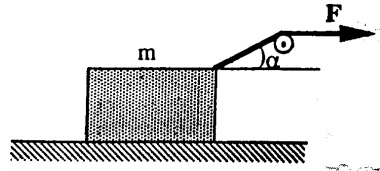
- a) Considerant nul el fregament, calculeu:
 - i) la tensió de la corda;
 - ii) la força normal del terra;
 - iii) l'acceleració del bloc, si es talla la corda.



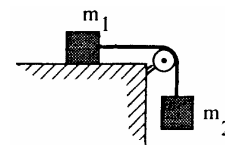
- b) Considerant un coeficient de fregament dinàmic $\mu_d = 0,15$, determineu l'acceleració del bloc quan es talli la corda.
- c) En el cas que, en tallar la corda, el cos restés immòbil, determineu el valor mínim del coeficient de fregament estàtic.

R: (143 N; 248 N, $4,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) ($3,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) (0,58)

39. Trobeu la força exercida pel terra damunt el cos m i l'acceleració que assoleix quan es mou horitzontalment sobre la superfície polida de la figura. Dades: $m = 2 \text{ kg}$, $F = 15 \text{ N}$, $\mu = 0,2$ i $\alpha = 30^\circ$. R: (12,1 N) ($5,29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

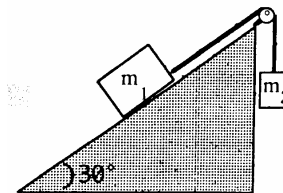


40. El sistema de la figura es mou amb una acceleració de $5,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, essent $m_1 = 4 \text{ kg}$ i $m_2 = 6 \text{ kg}$. Calculeu: a) la tensió de la corda; b) la força de fregament; c) el coeficient de fregament dinàmic. Considereu $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



R: (28,8 N) (8 N) (0,2)

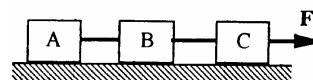
41. Un bloc de massa 30 kg està en repòs sobre un pla inclinat 30° respecte de l'horitzontal i està unit mitjançant un fil que passa per una petita polijeta sense fregament a un altre bloc de 18 kg de massa que penja verticalment. Si el coeficient de fregament dinàmic entre la primera massa i el pla és $0,1$. Calculeu: a) l'acceleració de cada bloc; b) la tensió de la corda i c) la força de fregament.



R: ($0,082 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) (175 N) (25,5 N)

42. Un bloc de 2 kg de massa està en repòs sobre un pla inclinat 30° sense fregament, subjectat per una molla. La molla està allargada 3 cm . a) Determineu la constant recuperadora de la molla. b) Si la massa s'estira 5 cm cap avall des de la seva posició d'equilibri sobre el pla inclinat i es deixa en llibertat, quina serà la seva acceleració just en el moment de deixar anar la molla?. R: ($327 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$) ($8,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

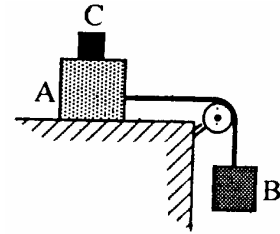
43. Els cossos de la figura tenen masses de 10 , 15 i 20 kg , respectivament. No hi ha fregament entre els dits cossos i la superfície. S'aplica a C una força de 50 N . Determineu l'acceleració del sistema i les tensions a cada cable.



Resoleu el problema si el conjunt dels tres cossos penja verticalment i s'aplica sobre el cos de dalt, el C, una força cap amunt de 500 N . Considereu $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

R: ($1,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 27,8 i 11,1 N) ($1,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 278 i 111 N)

44. Les masses d'A i B són 10 i 5 kg respectivament. El coeficient de fregament estàtic entre la taula i A és 0,20, i el dinàmic 0,15. a) Determineu la massa mínima de C que evitarà el moviment d'A. b) Si se separa C, calculeu l'acceleració del sistema.



R: (15 kg) ($2,29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

45. Una pedra de massa 1 kg està lligada a l'extrem d'una corda de 0,6 m i gira a 60 rpm en un cercle vertical. Calculeu la tensió de la corda quan el bloc es troba: a) en el punt més alt; b) en el punt més baix; c) sobre un radi horitzontal.

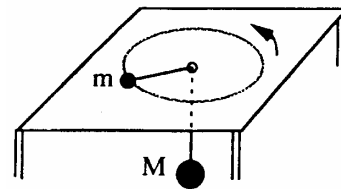
R: (13,9 N) (33,5 N) (23,7 N)

46. Un motorista descriu un cercle horitzontal en el "tub de la mort", de radi $R = 5 \text{ m}$, essent el coeficient de fregament estàtic $\mu_e = 0,5$. Determineu la velocitat mínima que ha de portar perquè no caigui. Considereu $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. R: ($10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

47. Un cotxe de 1000 kg de massa descriu una corba sense peraltar de 400 m de radi a $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Calculeu: a) la força de fregament, b) la velocitat màxima amb què podria avançar si la corba tingués un peralt de 20° i amb el mateix coeficient de fregament. Considereu $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. R: (1000 N) ($43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

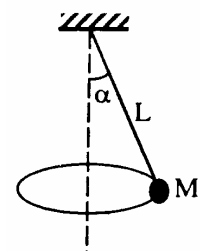
48. Una plataforma gira al voltant d'un eix vertical, que passa pel seu centre i li és perpendicular, a raó d'1 volta per segon. Col·loquem sobre ella un bloc, essent $\mu_e = 0,8$ el coeficient de fregament estàtic entre la plataforma i la superfície de l'objecte. Calculeu la distància màxima del bloc a l'eix de gir perquè giri amb la plataforma i no sigui llençat a l'exterior. R: (20 cm)

49. Una massa m descansa sobre una taula perfectament polida i està unida, mitjançant una corda que passa per un forat practicat a la superfície de la taula, a una altra massa M que penja. La massa m gira descrivint un cercle sobre la superfície de la taula. Determineu la relació algebraica entre la velocitat lineal i el radi de gir de la massa m perquè la massa M es mantingui en repòs.



R: ($v^2/r = (M/m)g$)

50. Un cos lligat a un fil de longitud L que penja del sostre descriu una trajectòria circular en un pla horitzontal (pèndol cònic) amb una velocitat angular ω . Trobeu les relacions algebraiques que proporcionen el valor de l'angle α que forma el fil del pèndol amb la vertical i el valor de la tensió al fil. Aplica els resultats amb les dades: $M = 12 \text{ kg}$, $L = 1,16 \text{ m}$, $\omega = 3 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.



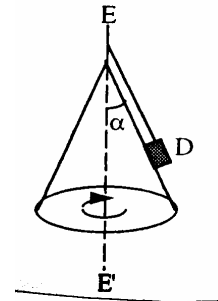
R: (20° ; 125 N)

51. Un cos D de massa 12 g està situat sobre una superfície cònica polida subjectat per un fil de 15 cm de longitud. El con gira en torn de l'eix EE' amb una velocitat angular de 10 rpm. Determineu:

- la velocitat lineal del cos;
- la força normal de la superfície;
- la tensió del fil;
- la velocitat angular mínima de gir del con a fi i efecte que el cos se separi de la superfície.

Considereu $\alpha = 60^\circ$.

R: (0,136 m·s⁻¹) (0,101 N) (0,060 N) (11,4 rad·s⁻¹)



52. Una massa d'1 kg vibra horitzontalment al llarg d'un segment de 20 cm de longitud amb un MHS de període 5 s. Determineu l'equació que descriu cada instant la posició de la massa (suposant que en el moment inicial està en un extrem del segment) i la força recuperadora quan el cos està als extrems de la trajectòria.

R: ($x = 0,1 \cdot \cos 1,26t$ m) (0,16 N)

53. Un pèndol fa 1200 oscil·lacions per hora a l'equador. Calculeu: a) el període d'oscil·lació; b) la longitud del pèndol; c) el retard o l'avenç en una hora d'aquest pèndol si es trasllada al pol.

Dades: A l'equador, $g = 9,781 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; al pol, $g = 9,832 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

R: (3 s) (2,23 m) (12 s)

54. A una molla completament se li penja un cos d'1 kg i s'allarga 2 cm. Després s'hi afegeix un altre kg i se li fa una estirada de manera que el sistema comença a oscil·lar des del punt de màxima elongació. Determineu la constant de la molla i la freqüència del moviment quan la massa és de 2 kg.

R: (490,5 N·m⁻¹) (15,66 rad·s⁻¹)

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

55. Un home vol moure una caixa de massa M al llarg d'una superfície horitzontal amb moviment uniforme. Per arrossegar-la, tira d'una corda lligada a la caixa. Quin angle ha de formar la corda amb l'horitzontal perquè la força amb què s'estira sigui mínima?. Coeficient de fregament estàtic $\mu_e = 0,4$.

R: (21,8°)

56. Un cos llisca per una rampa inclinada 45°, amb un coeficient de fregament de 0,2. Calculeu:

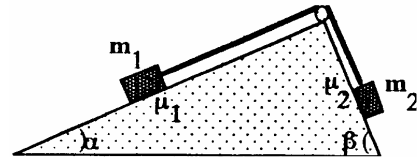
- l'espai recorregut després de 3 s i la velocitat que tindrà el cos en aquest moment.
- el valor que hauria de tenir el coeficient de fregament per baixar amb moviment uniforme.

R: (25 m; 16,6 m·s⁻¹) (1,0)

57. Determineu l'acceleració amb què es mouen els blocs de la figura i la tensió de la corda.

Considerem $m_1 = 200 \text{ g}$, $m_2 = 180 \text{ g}$, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $\mu_1 = 0,2$, $\mu_2 = 0,1$.

R: $(0,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(1,38 \text{ N})$



58. Un pèndol penja del sostre d'un vago de tren. El tren avança movent-se amb acceleració constant durant 40 s, interval de temps durant el qual el pèndol forma un angle de 3° amb la vertical. Calculeu l'espai que ha recorregut el tren durant aquests 40 s i la seva velocitat final.

R: $(411 \text{ m}; 20,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$

59. Un camió transporta un bloc paral·lelepípedic la base del qual fa $2 \times 1 \text{ m}$. Sabent que el coeficient de fregament estàtic entre el bloc i el terra de la caixa del camió és 0,6, calculeu la màxima acceleració amb que pot avançar el camió a fi i efecte que el bloc no llisqui.

R: $(5,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$

60. Un bloc de 2 kg està situat sobre un altre de 4 kg que descansa sobre una taula sense fregament. Els coeficients de fregament entre ambdós blocs són: $\mu_e = 0,3$ i $\mu_d = 0,2$.

a) Quina és la força màxima F que pot aplicar-se al bloc inferior perquè el bloc de 2 kg no llisqui sobre el de 4 kg?

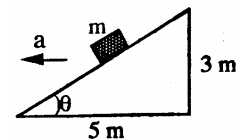
b) Si la força aplicada F es igual a dues vegades el valor màxim calculat a l'apartat anterior, determineu l'acceleració de cada bloc.

c) Si la força aplicada F es igual a la meitat del seu valor màxim, calculeu l'acceleració i la força de fregament per a cada bloc.

R: $(17,7 \text{ N})$ $(2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}; 3 \text{ N})$

61. Tenim un cos de massa m sobre el pla inclinat de la figura. Calculeu l'acceleració mínima amb què s'ha de moure horitzontalment el pla inclinat perquè el cos mantingui la seva posició respecte al pla; és a dir, no llisqui, tot sabent que $\mu_e = 0,5$.

R: $(0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$



62. Un bloc està sobre un pla inclinat l'angle del qual és variable. L'angle s'incrementa gradualment des de 0° . Als 30° el bloc comença a descendir pel pla inclinat i recorre 3 m en 2 s. Calculeu els coeficients de fregament estàtic i dinàmic entre el bloc i el pla.

R: $(0,58 \text{ i } 0,40)$

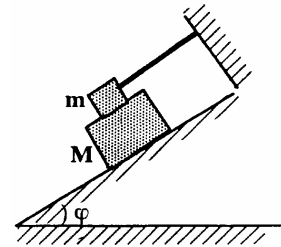
63. Entre els cossos de la figura, el coeficient de fregament és $\mu_e = 0,4$, i entre M i el terra és $\mu_d = 0,2$. Calculeu la força mínima F amb què s'ha d'empènyer el bloc M perquè m no caigui. $M = 5 \text{ kg}$, $m = 1 \text{ kg}$, $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

R: (162 N)

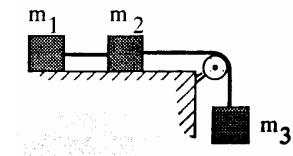


64. Un home que sosté un cos de 10 kg mitjançant una corda capaç de resistir 150 N està en un ascensor. Quan l'ascensor arrenca, la corda es trenca. Quina és l'acceleració mínima de l'ascensor i quin el seu sentit?
R: ($5,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

65. Per a quin angle φ d'inclinació del pla el bloc M comença a lliscar si $\mu_e = 1/3$ per a totes les superfícies en contacte. $M = 90 \text{ kg}$ i $m = 30 \text{ kg}$.
R: (29°)



66. Donades tres masses: $m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ i $m_3 = 3 \text{ kg}$, unides tal com s'indica a la figura, mitjançant un fil inextensible de massa negligible, calculeu la velocitat de cada massa, quan la que penja hagi baixat $9,8 \text{ m}$; i la tensió a cada corda. No hi ha fregament.
R: ($9,80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($4,9 \text{ N}$ i $14,7 \text{ N}$)



67. Una partícula descriu un MHS de període 2 s. Està inicialment en la seva posició d'equilibri, movent-se amb una velocitat de $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en el sentit positiu de l'eix OX. Escriviu les expressions de la posició, velocitat i acceleració. Si la partícula oscil·la subjecta a una molla de constant elàstica $50 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$, calculeu la massa de la partícula.
R: ($y = 4/\pi \cdot \sin \pi t$, $v = 4 \cdot \cos \pi t$, $a = -4\pi \cdot \sin \pi t$) ($5,07 \text{ kg}$)

68. Un bloc de massa $M = 980 \text{ g}$ està en repòs sobre una superfície horitzontal, unit a una molla elàstica de massa negligible, la qual està unida en l'altre extrem a una paret. Una massa de plastilina $m = 20 \text{ g}$, movent-se a una velocitat de $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ xoca i queda enganxada al bloc. La molla es comprimeix 4 cm i comença a realitzar un moviment oscil·latori. a) Suposant que no hi ha fregament, escriviu l'equació del moviment i calculeu el seu període. b) Considerant que hi ha fregament de coeficient $\mu = 0,102$, quina longitud es comprimeix la molla?
R: ($y = 0,04 \cdot \sin 10t$, $0,628 \text{ s}$) ($3,12 \text{ cm}$)

69. Una molla de constant $k_1 = 50 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ està comprimida horitzontalment 4 cm cotxe de 1500 kg de massa es mou en un tram recte amb una velocitat de $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ i inicia una corba, romanent el traçat horitzontal, el radi de la qual és 60 m ; i mantenint sempre la mateixa velocitat lineal. Determineu la direcció, sentit i valor de la força que l'asfalt exerceix sobre el cotxe durant el seu recorregut per la corba.
R: ($15,6 \text{ kN}$)

70. Podem fer oscil·lar horitzontalment una plataforma amb una amplitud d' $A = 40 \text{ cm}$ i una freqüència variable. Posem un cos sobre la plataforma i comprovem que el cos comença a lliscar al seu damunt a partir d'ela freqüència $f = 0,55 \text{ Hz}$. Quant val el coeficient de fregament μ entre el cos i la plataforma?
R: ($0,487$)



71. Trobeu el període de revolució mínim que s'ha de proporcionar a una galleda plena d'aigua que gira en un pla vertical lligada a una corda d'1 m de longitud, per aconseguir que l'aigua no vessi en passar la galleda pel punt més desfavorable de la trajectòria circular.

R: (2,01 s)

72. Un pilot d'aviació descriu un ris (cercle en un pla vertical). En el punt més baix la força que fa el pilot contra el seient (força centrípeta) es tres vegades el seu pes. Determineu la velocitat de l'avió en aquest moment si el radi del ris és 980 m.

R: (139 m·s⁻¹)

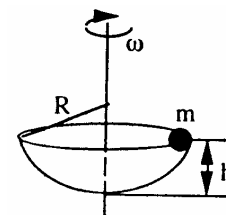
73. La Terra, cansada de tanta experiència nuclear que li forada les entranyes, gira cada cop més de pressa per tal d'alliberar-se dels seus empenyadors habitants. Finalment, els habitants de l'equador són llançats per la tangent d'aquest paral·lel. Quantes voltes dóna en 24 hores l'empipada Terra?. Radi de la Terra: 6367 km.

R: (17 voltes, aproximadament)

74. Una carretera està peraltada de manera que un cotxe movent-se a 40 km·h⁻¹ pot prendre una corba de 30 m de radi fins i tot si existeix una capa de gel equivalent a un coeficient de fregament aproximadament zero. Determineu l'interval de velocitats a què un cotxe pot prendre aquesta corba sense patinar, si el coeficient de fregament entre la carretera i les rodes és de 0,3.

R: (des de 20 fins a 56 km·h⁻¹)

75. A l'interior d'una superfície hemisfèrica de radi R es mou sense fregament una boleta de massa m. Determineu l'altura h a què s'eleva la boleta quan la superfície gira uniformement amb velocitat angular ω i la força normal de la superfície sobre la boleta.



R: (R - (g/omega²) m; m·omega²·R N)

76. Un cotxe agafa una corba de 60 m de radi en una carretera horitzontal. El coeficient de fregament de les rodes amb el terra és 0,75. Amb quina velocitat màxima podria agafar la corba sense derrapar?.

R: (21 m·s⁻¹)

77. Un ciclista pren una corba circular de 65 m de radi a una velocitat de 12 m·s⁻¹. Quina és la seva inclinació respecte la vertical?.

R: (12,7°)

78. Un cotxe de 1500 kg de massa es mou en un tram recte amb una velocitat de 90 km·h⁻¹ i inicia una corba, romanent el traçat horitzontal, el radi de la qual és 60m; i mantenint sempre la mateixa velocitat lineal. Determineu la direcció, sentit i valor de la força que l'asfalt exerceix sobre el cotxe durant el seu recorregut per la corba.

R: (15,6 kN)

QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

79.Q. Quina o quines d'aquestes afirmacions són correctes:

- a) si damunt un cos no actua cap força o la resultant és nul·la, el cos està en repòs.
- b) si la velocitat d'un cos és nul·la, la força resultant en aquell instant és zero.
- c) si l'acceleració d'un cos és nul·la, el moviment del cos és rectilini i uniforme.
- d) el moviment d'un cos es produeix sempre en la direcció de la força resultant.

80.Q. Un cos es mou, respecte a un observador, tot descrivint una corba a velocitat constant. Damunt el cos:

- a) actua una força perpendicular a la trajectòria.
- b) no hi actua cap força.
- c) hi actua una força tangent a la trajectòria.
- d) hi actua una força cap enfora de la corba.

81.Q. Considereu un cos que es mou sobre una superfície plana amb fregament impulsat per una força que forma un angle θ amb l'horitzontal.

En augmentar l'angle d'inclinació es produeix un augment de ...

- a) el component horitzontal de la força, F_x .
- b) el component vertical de la força, F_y .
- c) la normal sobre el cos A, N_A .
- d) la força de fregament sobre el cos A, F_{frA} .

82.Q. Quina de les següents afirmacions sobre un oscil·lador harmònic és correcta?:

- a) l'acceleració és mínima en els extrems de l'oscil·lació.
- b) la velocitat és nul·la en el centre.
- c) l'acceleració és nul·la en la posició d'equilibri.
- d) la velocitat és màxima als extrems de l'oscil·lació.

83.Q. En el moviment harmònic simple d'un cos que oscil·la a l'extrem d'una molla es verifica que:

- a) el període és directament proporcional a l'amplitud.
- b) el període és directament proporcional a la massa del cos.
- c) l'acceleració té la mateixa direcció i sentit que el desplaçament.
- d) la força varia sinusoidalment al llarg del temps.

84.Q. En el moviment harmònic simple d'un cos a l'extrem d'un ressort no són magnituds proporcionals entre elles:

- a) l'acceleració i el desplaçament.
- b) la força recuperadora i l'acceleració.
- c) la força recuperadora i la velocitat.
- d) la força recuperadora i el desplaçament.



QÜESTIONS DE RAONAMENT

- 85.Q. Un mòbil puntual té una acceleració constant i perpendicular en tot moment a la seva velocitat. Què es pot dir sobre la seva trajectòria?; i sobre el mòdul i la direcció de la seva velocitat ?; i sobre el mòdul i direcció de la força resultant?.
- 86.Q. Dos joves que porten patins per a gel estan sobre un llac congelat. Un dels joves té una corda al votant de la cintura. L'altre, inicialment a una distància L del primer, manté la corda tibada i tira d'ella contínuament amb les dues mans. Si ambdós joves tenen la mateixa massa, què succeeix?; on es troben?.
- 87.Q. Comenteu les frases següents:
- Si una partícula es mou amb velocitat constant, no actuen forces sobre ella.
 - La força amb què la Terra atreu una poma és més gran que la força amb què la poma atreu la terra.
 - Si damunt un cos actua una única força i és coneguda, es pot saber en quina direcció es mourà el cos sense cap més informació.
- 88.Q. Una molla estirada té energia potencial. Què se n'ha fet d'aquesta energia quan, tot estant oscil·lant, passa per la posició d'equilibri?.
- 89.Q. Considerant que un rellotge de pèndol situat al cim d'una muntanya marca correctament, en baixar-lo s'avançarà o s'endarrerirà?.
- 90.Q. En quin punt de la trajectòria d'un pèndol simple està la corda sotmesa a major tensió?, i a menor?.
- 91.Q. De dos ressorts amb la mateixa constant k es penja la mateixa massa. A continuació, s'allarguen els ressorts, un el doble que l'altre, i es deixen oscil·lar lliurement. Els cossos, oscil·laran amb la mateixa freqüència?.
- 92.Q. Dos blocs en contacte poden lliscar sense fregament sobre una superfície horitzontal. S'exerceix una força constant F sobre el bloc A , que indueix el moviment conjunt d'ambdós blocs. En aquesta situació, quina afirmació és correcta?:
- La força exercida pel bloc A sobre el bloc B és igual a la força F .
 - La força exercida pel cos B sobre l' A és igual a l'exercida per A sobre B .

QÜESTIONS NUMÈRIQUES

- 93.Q. Un cotxe es mou a la velocitat de $126 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Troba la distància mínima per aturar-se sense patinar, si $\mu_e = 0,3$ és el coeficient de fregament estàtic entre les rodes i la carretera. Expliqueu la resolució.
- 94.Q. Sobre un cos de massa $m = 8 \text{ kg}$, situat sobre una superfície plana, actua una força horitzontal de mòdul $F = 5 \text{ N}$. Si $\mu_e = 0,25$ i $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, quant val la força de fregament que actua sobre el cos?.



- 95.Q. Una força de 55 N empeny un bloc de 22 N de pes contra la paret. El coeficient de fregament estàtic entre el cos i la paret es de 0,6. Si el bloc està inicialment en repòs:
- Continuarà en repòs?.
 - Quina es la força que exerceix la paret sobre el cos?.
- 96.Q. Un coet té una massa inicial de 13000 kg. En el moment d'enlairar-se crema combustible a raó de $125 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, i els gasos surten amb una velocitat de $1800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quin serà l'impuls del coet?, amb quina acceleració s'enlairarà?, serà constant?.
- 97.Q. Una gàbia penja d'un ressort i l'allarga 10 cm. Quina és la freqüència de l'oscil·lació de la gàbia entorn de la posició d'equilibri?.
- 98.Q. Un cos que penja d'un ressort es posa en moviment; el període de les seves oscil·lacions és de 0,5 s. Quan el cos queda en repòs, se separa del ressort. Quant s'escurça el ressort en fer aquesta operació?.
- 99.Q. Un cos inicia oscil·lacions amb energia potencial de 0,6 J i energia cinètica de 0,2 J. Quin és el valor de l'amplitud de les oscil·lacions?. Quina és la velocitat del cos al punt mig de la seva trajectòria?.

QÜESTIONS ALGEBRAIQUES

- 100.Q. Calculeu la posició del CM de tres partícules puntuals de masses m , $2m$ i $3m$ alineades al llarg d'una recta, de tal manera que la distància entre partícules contigües valgui d .
- 101.Q. Una vagoneta de massa M voreja una vessant de muntanya a una velocitat v quan, de sobte, cau una massa de neu $M/2$ a dins. Es modifica la seva velocitat?.
- 102.Q. Un carro es mou a la velocitat v . Demostreu que la mínima distància per aturar-se sense relliscar ve donada per l'expressió: $x_{\min} = v^2/2\mu_e g$ on μ_e és el coeficient de fregament estàtic entre les rodes i la carretera.
- 103.Q. Un cotxe fa un revolt girant en un cercle de radi R a velocitat de mòdul constant v . La carretera és horitzontal. Quin ha de ser el valor mínim del coeficient de fregament perquè el cotxe no rellisqui lateralment?; quin coeficient de fregament és rellevant en aquesta situació, l'estàtic o el dinàmic?.
- 104.Q. Per a una superfície inclinada un angle θ respecte de l'horitzontal, quin valor mínim ha de tenir el coeficient de fregament estàtic perquè un cos de massa m no llisqui?.

CRITERIS DE SIGNES

1. Treball

Tenint en compte que el treball es defineix com el producte escalar de la força i el desplaçament realitzat:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \cdot x \cdot \cos \theta = x \cdot F_t$$

(on θ és l'angle que determinen les direccions dels vectors força i desplaçament; i F_t , és el component de la força sobre la direcció d'aquest desplaçament),

tindrem que:

$$W \begin{cases} \text{POSITIU quan } \theta \text{ sigui inferior a } \pm 90^\circ; F_t \text{ té el mateix sentit que el desplaçament.} \\ \text{NEGATIU quan } \theta \text{ sigui superior a } \pm 90^\circ; F_t \text{ té sentit contrari al desplaçament.} \\ \text{NUL quan } \theta = \pm 90^\circ; F_t = 0 \text{ (} F \perp \Delta r \text{), o bé si el desplaçament és nul.} \end{cases}$$

◇ El treball de la força de fregament sempre és negatiu. Aquest signe negatiu no es pot eliminar:

$$W_{F_f} = F_f \cdot x \cdot \cos 180^\circ = -F_f \cdot x < 0$$

2. Treball d'una força conservativa

Està relacionat amb una funció d'energia potencial per l'expressió:

$$W_{F_{con}} = -\Delta E_p$$

on el signe negatiu mai no es pot eliminar.

$$\diamond W_{F_{con}} \begin{cases} \text{POSITIU } \Rightarrow \Delta E_p < 0 \\ \text{NEGATIU } \Rightarrow \Delta E_p > 0 \end{cases}$$

3. Treball de la força resultant o treball total ($W_{F_{res}} = W_{total}$)

Segons el *teorema del treball i de l'energia cinètica*, el treball realitzat sobre un cos és igual a la variació d'energia cinètica que experimenta aquest cos: $W_{F_{res}} = \Delta E_c$

$$\diamond W_{F_{res}} \begin{cases} \text{POSITIU} \Rightarrow \Delta E_c > 0 \\ \text{NEGATIU} \Rightarrow \Delta E_c < 0 \end{cases}$$

4. Energia

Energies	{	CINÈTICA: sempre POSITIVA	{	POSITIVA si el punt està per sobre del nivell de referència d' $E_p = 0$
		POTENCIAL GRAVITATÓRIA en un punt		NEGATIVA si està per sota
		POTENCIAL ELÀSTICA: sempre POSITIVA		

5. Teorema generalitzat del treball-energia

$$W_{total} = W_{cons} + W_{no\ cons} = \Delta E_c$$

Com que

$$W_{cons} = - \Delta E_p$$

llavors,

$$W_{no\ cons} = \Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_{total}$$

Les forces externes sobre els sistemes són forces no conservatives. El treball realitzat per aquestes forces és igual a la variació de l'energia mecànica total de la partícula. Si el treball de la força no conservativa és positiu, l'energia mecànica augmentarà; si és negatiu, disminuirà.

En moltes situacions físiques, la força externa s'aplica de tal manera que no hi ha variació d'energia cinètica (deformació d'una molla, elevació d'un pèndol, moviment de partícules en camps, etc). En aquests casos,

$$W_{no\ cons} = \Delta E_p$$

6. Teorema generalitzat del treball-energia quan hi actua la força de fregament

Una de les més típiques forces no conservatives és la força de fregament. Llavors,

$$W_{\text{Ffr}} = \Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_{\text{total}}$$

Tenint en compte que el treball de la força de fregament és negatiu, la variació d'energia mecànica total serà negativa; és a dir, aquesta energia disminuirà:

$$\diamond W_{\text{Ffr}} \text{ NEGATIU} \Rightarrow \Delta E_{\text{total}} < 0 \text{ (l'energia mecànica total disminueix)}$$

Desenvolupant aquestes expressions una mica més, tindríem: $\Sigma E_{\text{final}} - \Sigma E_{\text{inicial}} = W_{\text{Ffr}}$

$$\diamond W_{\text{Ffr}} \text{ NEGATIU} \Rightarrow \Sigma E_{\text{final}} - \Sigma E_{\text{inicial}} < 0 \Rightarrow \Sigma E_{\text{inicial}} > \Sigma E_{\text{final}}$$

\diamond Un cop s'han substituït els valors numèrics, reviseu atentament l'equació del balanç energètic per comprovar que sigui correcte. Heu d'aprendre una qualsevulla de les següents afirmacions, la que més us agradi i fer els problemes utilitzant sempre la mateixa. Per a més aclariment, considerarem com exemple una situació en què el treball valgui: $W_{\text{Ffr}} = -\mu \cdot m \cdot g \cdot x$

- a) la subtracció de l'energia final menys l'energia inicial ha d'estar igualada al treball amb signe negatiu ($E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}} = -\mu \cdot m \cdot g \cdot x$).
- b) la subtracció de l'energia inicial menys la final ha d'estar igualada al treball sense signe negatiu ($E_{\text{inicial}} - E_{\text{final}} = \mu \cdot m \cdot g \cdot x$).
- c) l'energia inicial ha de ser igual a la suma de dues quantitats: l'energia inicial i el treball sense signe negatiu ($E_{\text{inicial}} = E_{\text{final}} + \mu \cdot m \cdot g \cdot x$).
- d) l'energia final ha de ser igual a la subtracció de dues quantitats: l'energia inicial i el treball amb signe negatiu ($E_{\text{final}} = E_{\text{inicial}} - \mu \cdot m \cdot g \cdot x$).

7. Conservació de la quantitat de moviment:

A la pràctica s'utilitzen dues equacions, una per a cada direcció d'uns eixos de coordenades cartesianes en el pla:

$$p_x \text{ inicial} = p_x \text{ final}$$

$$p_y \text{ inicial} = p_y \text{ final}$$

Tant en substituir els valors de la quantitat de moviment, com els de les corresponents velocitats, s'ha de tenir en compte:

$$\diamond p, v \begin{cases} \text{POSITIUS si l'orientació és cap a la dreta } (\rightarrow) \text{ o cap amunt } (\uparrow) \\ \text{NEGATIUS si l'orientació és cap a l'esquerra } (\leftarrow) \text{ o cap avall } (\downarrow) \end{cases}$$

En el cas de l'impuls, tindrà el mateix signe que la variació de la quantitat de moviment. La força exercida sobre la partícula que varia de quantitat de moviment tindrà el mateix signe que aquesta variació, però la força de reacció, aplicada sobre l'altre cos, tindrà el signe contrari.



EXERCICIS

105. Un objecte de 5 kg és aixecat mitjançant una corda exercint una força T de manera que es desplaça cap amunt amb una acceleració de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. L'objecte s'eleva 3 m. Determineu: a) la tensió T ; b) el treball realitzat per T ; c) el treball realitzat per la Terra; d) l'energia cinètica final de l'objecte si inicialment estava en repòs.

R: (74 N) (222 J) (-147 J) (75 J)

106. Una pedra de 2 kg, lligada a l'extrem d'una corda de 0,5 m, gira a una velocitat angular de 2 rps. a) Quina és la seva energia cinètica?; b) quina és la força centrípeta que actua sobre la pedra?; c) quin treball realitza aquesta força centrípeta en una revolució?.

R: (39,5 J) (158 N) (496 J)

107. Quina força constant ha d'exercir el motor d'un vehicle de 1500 kg de massa per a augmentar la velocitat de $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en 8 s?. Quina és la variació de moment lineal i d'energia cinètica?. Quin ha estat l'impuls rebut, el treball de la força i la potència mitjana del motor?

R: (1875 N) ($1,5\cdot 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $9,17\cdot 10^4 \text{ J}$) ($1,5\cdot 10^4 \text{ N}\cdot\text{s}$; 91,7 kJ; 11,5 kW)

108. Pugem un trineu de 20 kg per un pendent que forma 30° amb l'horitzontal, exercint una força F a través d'una corda que forma un angle de 45° respecte de la superfície del pendent. El coeficient de fregament per al trineu damunt la neu val 0,05. El trineu puja a velocitat constant d' $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculeu: a) el treball total realitzat sobre ell; b) el valor de la força de tracció aplicada i el treball que realitza en recórrer 10 m; c) la potència mitjana d'aquesta força.

R: (0 J) (144 N; 1,02 kJ) (102 W)

109. Un cos de 100 g de massa cau des d'una altura de 3 m sobre una pila de sorra, enfonsant-se en ella 3 cm. Quanta energia s'ha perdut degut al fregament i quina força, suposada constant, va exercir la sorra sobre el cos?.

R: (-2,943 J) (-98,1 N)

110. Un pèndol està constituït per una esfera de 10 kg i una corda d'1 m de longitud. Calculeu: a) el treball necessari per traslladar el pèndol des de la posició vertical a l'horitzontal; b) la velocitat i l'energia cinètica l'instant en què passa per la posició més baixa de la seva trajectòria, quan hom l'abandona a partir de la posició horitzontal.

R: (98,1 J) ($4,43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 98,1 J)

111. Un bloc de 20 kg cau lliscant per un pla inclinat, salvant un desnivell de 20 m. Si parteix del repòs i la seva velocitat final és de $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, quant valdrà l'energia dissipada a causa del fregament?.

R: (-1364 J)

112. Des del cim d'una torre de 50 m d'alçada es llança una fletxa de 100 g formant un angle ascendent de 60° respecte de l'horitzontal i amb una velocitat de $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Deduïu, pel principi de conservació de l'energia, la velocitat de la fletxa quan arribi a terra i quan es trobi a 8 m de terra.

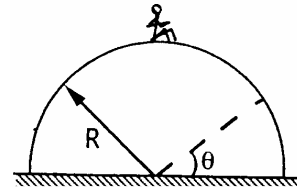
R: ($59 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($57,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

113. Un bloc de massa 1 kg comprimeix 15 cm una molla horitzontal. Quan es deixa en llibertat, el bloc recorre 60 cm sobre la superfície horitzontal en què es troba fins que s'atura. La constant elàstica de la molla val $0,12 \text{ kp}\cdot\text{cm}^{-1}$. Quin és el coeficient de fregament entre el bloc i la superfície horitzontal?

R: (0,225)

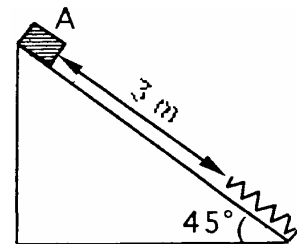
114. Un noi de massa m es troba assegut en el punt més alt d'un monticle hemisfèric cobert de gel i de radi R . Si comença a lliscar partint del repòs, per a quin angle θ deixa de tenir contacte amb el gel?

R: ($41,8^\circ$ o bé $41^\circ 48'$)



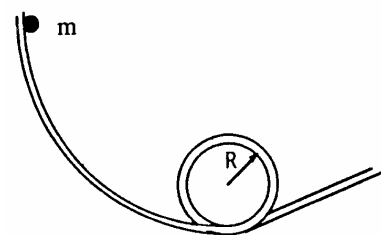
115. Un cos A té 0,5 kg de massa. Partint del repòs, llisca 3 m sobre un pla inclinat 45° respecte de l'horitzontal, en absència de fregaments, fins que xoca amb el ressort l'extrem del qual està fixat al peu del pla. La constant elàstica de la molla és $400 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. Calculeu la màxima deformació que experimenta el ressort.

R: (0,23 m)



116. Es vol que un cos d'1 kg de massa descriu el ris d'una pista vertical d'1 m de radi. Calculeu la mínima energia cinètica que ha de tenir el cos en el punt més alt de la trajectòria circular i l'altura mínima des de la qual s'ha de deixar caure el cos per tal que ho assoleixi, suposant nuls els fregaments.

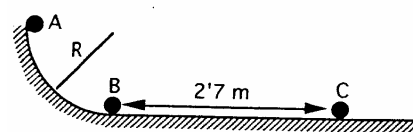
R: (4,9 J) (2,5 m)



117. Un bloc d'1 kg es deixa anar, sense velocitat inicial, en el punt A i llisca sobre una pista, que és un quart de circumferència, de radi 1,5 m. Arriba al punt B amb una velocitat de $3,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Des de B fins a C recorre 2,7 m, movent-se sobre una superfície horitzontal, i en el punt C s'atura. Calculeu:

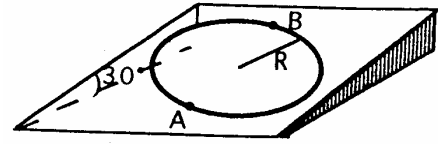
- el coeficient de fregament en la superfície horitzontal;
- el treball realitzat per la força de fregament des d'A fins a B;
- l'energia perduda en forma de calor en tot el recorregut.

R: (0,24) (-8,22 J) (-14,7 J)



118. Un cos de massa 2 kg està lligat mitjançant una corda a una anella situada en una superfície plana, inclinada 30° respecte de l'horitzontal, i descriu cercles al voltant d'aquesta anella d'1 m de radi. Quanta energia cinètica perd el cos en passar d'A a B si el coeficient de fregament entre el cos i la superfície val 0,25?

R: (-6.27 J)



119. Una molla horitzontal de massa negligible s'allarga 8 cm quan se li aplica una força de 3,6 N. Si a un extrem de la molla es fixa una massa de 0,8 kg i s'estira la molla 10 cm des de la posició d'equilibri, tot deixant-la oscil·lar lliurement, calculeu: a) la constant elàstica de la molla, b) la freqüència de l'oscil·lació, c) l'amplitud del moviment, d) la velocitat màxima del cos, e) les energies cinètica i potencial de la partícula quan passa pel centre d'oscil·lació, f) les energies cinètica i potencial de la partícula quan passa pels punts $x_1 = 5$ cm i $x_2 = 10$ cm.

R: (45 N·m⁻¹) (1,19 Hz) (0,10 m) (0,75 m·s⁻¹) (0,225 J, 0 J) (0,169 J, 0,056 J; 0 J, 0,225 J)

120. Un cos de massa $m = 75$ g està unit a l'extrem d'una molla de constant elàstica $k = 80$ N·m⁻¹. El separem 15 cm de la posició d'equilibri i el deixem anar. Calculeu: a) la freqüència del MHS resultant, b) l'energia mecànica inicial, c) la velocitat que té quan passa per la posició $x = 5$ cm, d) l'equació d'aquest moviment.

R: (5,2 Hz) (0,9 J) (4,62 m·s⁻¹) ($y = 0,15 \cdot \sin 32,66t$ m)

121. Certa molla, que s'allarga 20 cm quan se li penja una massa d'1 kg, es col·loca sense deformació amb una mateixa massa sobre una superfície sense fregament. En aquesta posició s'estira de la massa 2 cm i es deixa anar. Negligint la massa de la molla, calculeu: a) l'equació de la posició per al MHS resultant; b) les energies cinètica, potencial elàstica i mecànica total quan ha transcorregut un temps $t = \frac{3}{4} T$, on T és el període del MHS

R: ($x = 0,02 \cdot \cos 7t$ m) (0 J; 0,00981 J; 0,00981 J)

122. Una massa de 0,5 kg està unida a un ressort i realitza un MHS amb un període de 0,4 s. Si l'energia total del sistema és de 4 J, determineu: a) la constant del ressort, b) l'amplitud del moviment.

R: (123 N·m⁻¹) (25,5 cm)

123. Dues partícules, d'1 g de massa cadascuna, descriuen sengles moviments harmònics simples, de freqüències $\nu_1 = 1$ kHz i $\nu_2 = 2$ kHz i de la mateixa amplitud $A = 1$ cm. En quin instant la partícula 2 tindrà la mateixa velocitat que la que té la partícula 1 quan $t = 1$ s? Quin dels dos MHS tindrà una energia mecànica més gran?

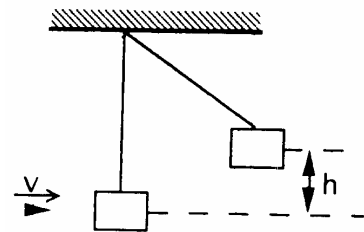
R: (5,2 Hz) (0,9 J) (4,62 m·s⁻¹) ($y = 0,15 \cdot \sin 32,66t$ m)

124. Un suro de 20 g que sura a la superfície d'una piscina, vibra amb una freqüència de 10 Hz entre dos punts distants entre ells 10 cm. Calculeu: a) la freqüència angular amb què vibra el suro; b) la velocitat màxima de vibració; c) la constant recuperadora; d) l'energia mecànica amb què oscil·la; e) l'acceleració màxima; f) la velocitat que té el suro quan es troba a 2 cm de la posició d'equilibri; g) la força que actua sobre el suro quan aquest es troba a 2 cm de la posició d'equilibri.

R: $(20\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1})$ $(\pm 2\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$ $(79 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1})$ $(0,395 \text{ J})$ $(395 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$ $(6,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$ $(1,58 \text{ N})$

125. En la figura es mostra un pèndol balístic. S'usa per a determinar la velocitat d'una bala a partir de l'altura h que s'eleva el bloc després que la bala s'hagi incrustat en ell. Demostrea que la velocitat de la bala està donada per l'expressió:

$$v_i = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh}$$



126. Una bala de massa 10 g i velocitat v passa a través de l'esfera d'un pèndol de massa 250 g, sortint amb una velocitat reduïda a la meitat. L'esfera pendular penja de l'extrem d'una corda de longitud 1 m. Quin és el valor de v per al qual el pèndol completa una volta sencera?.

R: $(350 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$

127. Una bola de 4 kg de massa i velocitat $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ xoca amb una altra bola de 5 kg de massa que es mou a $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en la mateixa direcció i sentit. Calculeu les velocitats després del xoc i el canvi en el moment lineal de cada bola quan: a) el xoc és perfectament elàstic; b) el xoc és perfectament inelàstic.

R: $(0,53 \text{ i } 1,13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; -2,64 \text{ i } 2,64 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ $(0,87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}; -1,33 \text{ i } 1,33 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$

128. Una bola de hoquei B, en repòs sobre una superfície llisa de gel i és copejada per una segona bola A, d'igual massa que es mou inicialment a $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i aquesta és desviada 30° de la seva direcció inicial. La bola B adquireix una velocitat que forma un angle de 45° amb la velocitat inicial d'A. Calculeu la velocitat de cada bola després del xoc i discutiu si és elàstic.

R: $(17,6 \text{ i } 12,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$

129. Es dispara un projectil d'1 kg de massa amb un angle de 60° respecte l'horitzontal, amb una velocitat de $400 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. En el punt més alt de la trajectòria, explota en dos fragments iguals, un dels quals cau verticalment. a) a quina distància del punt de llançament cau el segon fragment, tot suposant que el terra està a nivell?; b) quina energia es va alliberar en l'explosió?

R: $(21,2 \text{ km})$ (20 kJ)

130. Un cos de 0,4 kg, movent-se inicialment cap a la dreta a $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, s'atura sota l'acció d'una força constant de 50 N en un temps curt. a) Quin ha estat l'impuls de la força?; b) quin ha estat l'interval de temps?.

R: $(-8 \text{ N}\cdot\text{s})$ $(0,16 \text{ s})$



131. Un petit coet de 10 kg de massa s'està movent, horitzontalment al principi, prop de la superfície de la Terra amb una velocitat de $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculeu: a) la quantitat de moviment inicial del coet; b) la velocitat i quantitat de moviment del coet 10 s després que el motor del coet s'hagi engegat si aquest exerceix una força constant de 300 N sobre el coet, formant un angle de 30° respecte de l'horitzontal. (Suposeu la massa del coet constant).
R: ($100 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($270 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $2700 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
132. Una molla de constant $k_1 = 50 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ està comprimida horitzontalment 4 cm al costat d'una bola de 50 g de massa. En deixar anar la molla, impulsa la bola que va a xocar contra una altra molla horitzontal, tot comprimint-la 6 cm. Suposant que no hi ha pèrdues: a) quant val la constant de la k_2 de la segona molla?; b) en quina posició de la segona molla l'energia cinètica de l'oscil·lador és quarta part de la seva energia total?
R: ($22,22 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$)
133. Amb un fusell de massa 1,5 kg es dispara una bala de massa $m = 20 \text{ g}$. Inicialment la bala està en repòs i recorre 0,6 m en el canó del fusell, essent la velocitat de la bala quan surt per la boca del fusell $v = 300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. a) Quina es la velocitat de retrocés del fusell. b) Quina és la força exercida sobre la bala, suposada constant.
R: ($-4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (1500 N)
134. Un peix de 8 kg està nedant amb $v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ cap a la dreta. Engoleix un altre peix de 0,25 kg que nedava cap a ell a $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calcula la velocitat del peix gros immediatament després d'engolir el petit.
R: ($0,44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
135. Es tenen dues masses, A i B, sobre una superfície horitzontal sense fregament que comprimeixen una molla no unida a cap d'elles. Quan les masses s'alliberen, A surt amb una velocitat de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i B de $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quina és la quantitat de moviment abans d'alliberar les masses?, i després?. Quina és la relació de masses).
R: ($m_A = 3\cdot m_B$)
136. Un cotxe de 1000 kg avança al llarg d'un carrer, en direcció est, i xoca a la velocitat de $144 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ amb un camió de 10 Tm que travessa el mateix carrer en direcció sud, a una velocitat de $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Com a conseqüència del xoc, els dos vehicles queden units. Quina és la magnitud i la direcció de la seva velocitat immediatament després del xoc?. Calculeu la distància que recorren fins que s'aturen si el coeficient de fregament es 0,2.
R: ($19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $78,7^\circ$ en direcció sud-est) (92 m)
137. Un projectil de 10 g es dispara horitzontalment contra un bloc de fusta de 4 kg que està en repòs sobre una taula horitzontal amb un coeficient de fregament de 0,25. La bala queda encastada en la fusta i el conjunt recorre 1,84 m fins a parar-se. Calculeu la velocitat del projectil en el moment de xocar amb la fusta.
R: ($1203 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

138. Una granada, movent-se horitzontalment a $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, explota en tres fragments de masses $m/2$, $m/3$ i $m/6$, respectivament. Després de l'explosió, el segon fragment es mou horitzontalment a $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en sentit contrari al que portava inicialment la granada, el primer forma un angle de 45° per sobre de l'horitzontal i el tercer, un angle de 45° per sota de l'horitzontal. Calculeu les velocitats del primer i tercer fragments.

R: ($5,18$ i $15,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

139. Arrosseguem una massa de 4 kg , a velocitat constant, al llarg de 5 m en un terra horitzontal, mitjançant una força constant de 8 N que forma un angle de 30° respecte de l'horitzontal. Calculeu: a) el treball total efectuat sobre el bloc, b) el treball efectuat per l'individu sobre el bloc, c) el treball efectuat per la força de fregament, d) el coeficient de fregament entre el bloc i la superfície.

R: (0 J) ($34,6 \text{ J}$) ($-34,6 \text{ J}$) ($0,20$)

140. Un ressort, que en equilibri presenta una longitud de 20 cm , necessita una força de $19,6 \text{ N}$ per allargar-se 1 cm . Quin treball ens caldrà per incrementar la seva longitud de 25 a 30 cm ?

R: ($7,35 \text{ J}$)

141. Un projectil de 25 g i amb una velocitat de $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, incideix sobre un mur de 50 cm de gruix. Amb quina velocitat sortirà el projectil del mur, si aquest ofereix una resistència constant de 1000 N sobre el projectil, quan aquest el travessa?

R: ($224 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

142. Calculeu la massa d'un automòbil que, circulant per una carretera horitzontal a velocitat constant de $126 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, desenvolupa una potència de 50 CV , amb el benentès que les forces de fregament equivalen al 5% del seu propi pes.

R: (2141 kg)

143. Un cos de $2,5 \text{ kg}$ de massa es deixa caure des d'una alçada de 90 m sobre un ressort i a conseqüència d'això es comprimeix 15 cm . Determineu la constant recuperadora de la molla.

R: ($1,96\cdot 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$)

144. En una màquina d'Atwood, una de les masses, m_1 , es troba a una altura h per damunt de l'altra, m_2 , quan el sistema es deixa en llibertat. Determineu la velocitat de cada massa quan ambdues es troben a la mateixa altura.

R: $\left(v = \sqrt{\frac{g\cdot h\cdot(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}} \quad \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \right)$

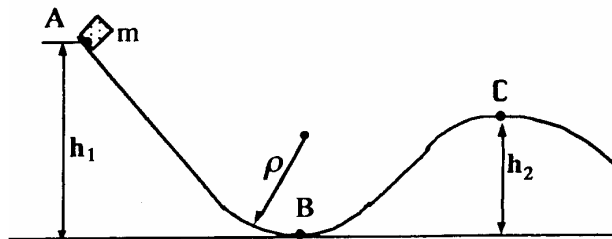
145. Un bloc d'1 kg de massa es desplaça sense fregament des del punt A al punt C, al llarg de la línia corba, tal com s'indica a la figura. Suposant que parteix del repòs, determineu:

a) la força que exerceix la línia sobre el bloc en el punt B (radi de curvatura $\rho = 9 \text{ m}$);

b) el valor mínim del radi de curvatura en el punt C necessari perquè el bloc l'ultrapassi.

Dades: $h_1 = 18 \text{ m}$; $h_2 = 8 \text{ m}$.

R: (49 N) (20 m)



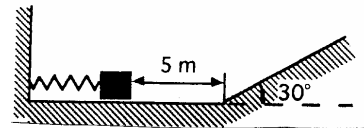
146. Un bloc de fusta d'1 kg de massa està subjectat a una molla de constant $k = 200 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ i descansa sobre una superfície horitzontal amb un coeficient de fregament igual a 0,1. Es dispara horitzontalment un projectil de 10 g de massa que s'incrusta en el bloc. La compressió de la molla és de 10 cm. Calculeu la velocitat inicial del projectil.

R: (149 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

147. Un cos de 0,5 kg comprimeix 40 cm una molla de constant recuperadora $k = 100 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ situada sobre un pla horitzontal. Quan el cos es deixa en llibertat, recorre 5 m sobre una superfície horitzontal fins a trobar-se amb un pendent de 30° . Calculeu:

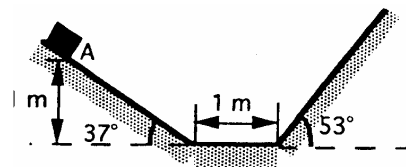
a) l'altura a què pujarà el cos pel pla inclinat, si no hi ha fregament en tot el recorregut; b) l'altura assolida si el coeficient de fregament val 0,2 per a totes les superfícies.

R: (1,63 m) (0,45 m)



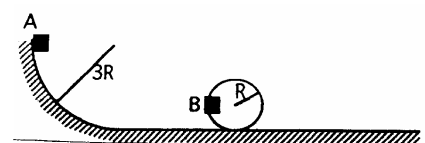
148. Des del punt A de la figura es deixa anar un cos. Calculeu l'altura a què arriba en la rampa de 53° en els casos: a) no hi ha fregament, b) si en tot el recorregut hi ha un fregament de coeficient 0,1.

R: (1 m) (0,71 m)



149. El bloc de la figura llisca sense fregament, partint del repòs, des del punt A. Calculeu la seva acceleració normal i tangencial en el punt B en funció de g.

R: ($4g \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $g \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

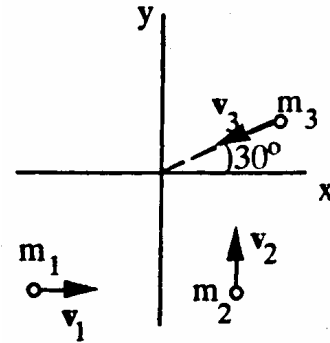


150. Un bloc de 20 kg, situat en el punt més baix d'un pla inclinat 30° , és impulsat cap amunt amb una velocitat inicial de $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Torna al punt de partida amb una velocitat de $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculeu el coeficient de fregament entre el pla i el cos.
R: (0,35)
151. El cable d'un ascensor de 17800 N de pes es trenca quan aquest es troba en repòs en el primer pis, de manera que la part baixa de la caixa està 3,66 m per damunt d'un ressort esmorteïdor. Un sistema de seguretat aferma les guies exercint una força de fregament constant de 4450 N que s'oposa al moviment de l'ascensor. Calculeu la velocitat de l'ascensor quan xoca per primera vegada amb el ressort.
R: ($7,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
152. Un cotxe de 1000 kg viatja amb velocitat constant de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ tot pujant una carretera amb un pendent del 10 %. (Un 10 per cent de pendent significa que la carretera està inclinada un angle θ determinat per $\tan \theta = 0,1$; és a dir, per cada 10 m recorreguts horitzontalment, el cotxe puja 1 m). La força total de fregament (fricció de rodolament més resistència de l'aire) sobre el cotxe és 700 N. Si negligim les pèrdues d'energia interna, quina potència mínima ha de produir el motor del cotxe?.
R: (46,7 kW)
153. Una pilota de 300 g de massa es llança perpendicularment contra una paret amb una velocitat de $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rebota amb la mateixa velocitat. a) Quin impuls s'haurà transmès a la paret?. b) Si el contacte entre la pilota i la paret dura 3 mil·lèsimes de segon, quina força mitjana s'haurà exercit sobre la paret?. c) Si la pilota la recull un jugador que l'atura, tot retrocedint les seves mans 0,5 m mentre la captura, quina haurà estat la força mitjana exercida sobre el jugador?.
R: (4,8 N·s) (1600 N) (19,2 N)
154. Un nen sobre un carretó en repòs llança una pilota de 0,5 kg de massa horitzontalment i cap endavant. La massa combinada del sistema és 36 kg. a) Calculeu la velocitat de retrocés del nen si la velocitat de la pilota és tal que s'hauria elevat fins a una altura de 15 m si s'hagués llançat verticalment. b) Resoleu el problema considerant el llançament inclinat 30° respecte de l'horitzontal.
R: ($-0,238 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($-0,206 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
155. Un jugador de beisbol de 75 kg salta verticalment a l'aire per agafar una pilota de 0,15 kg que es mou horitzontalment a $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Si la velocitat del jugador es $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ cap amunt, quina serà, en mòdul i direcció, la seva velocitat després d'haver-la agafat?.
R: ($0,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 105°)
156. Un nucli radioactiu, inicialment en repòs, es desintegra emetent un electró i un neutrí en direccions que formen un angle de 60° . Calculeu la direcció i magnitud de la quantitat de moviment del nucli residual, tot sabent que la quantitat de moviment de l'electró és $1,2\cdot 10^{-22} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ i la del neutrí $6,4\cdot 10^{-23} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
R: ($1,62\cdot 10^{-22} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 160° amb la direcció de l'electró)

157. En un determinat instant, tres partícules es mouen com s'indica a la figura. No hi ha cap força exterior. Després d'un cert temps, es veu que m_1 es mou en sentit oposat i m_2 està en repòs. Calculeu la velocitat de m_3 .

Dades: $m_1 = 2 \text{ kg}$, $m_2 = 0,5 \text{ kg}$, $m_3 = 1 \text{ kg}$, $v_1 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_2 = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_3 = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_1' = 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

R: ($v_{3x}' = 4,54 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_{3y}' = -1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)



158. Dues boles de masses 50 i 80 g es mouen sobre una superfície horitzontal sense fregament. Es dirigeixen en línia recta una cap a l'altra amb velocitats de 8 i $9,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ respectivament. Després del xoc, la primera bola rebota amb una velocitat de $4,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quina velocitat adquireix la segona bola després del xoc?

R: ($1,87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, en el mateix sentit que tenia abans del xoc)

159. Dos vagons de tren de 12 i 20 tones es dirigeixen al llarg d'una via horitzontal, sense fregament, en sentits contraris, amb velocitats de $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivament. Quan col·lideixen s'enganxen i continuen movent-se junts. Quina és llur velocitat després de la col·lisió?. En quin sentit es mouen?.

R: ($0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (en el mateix sentit que el vagó de 20 t abans del xoc)

160. David Beckham colpeja, durant 0,5 s, una pilota d'1 kg de massa que es roba en repòs, de manera que l'imprimeix una velocitat de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Quin és el valor de la quantitat de moviment de la pilota abans i després de la puntada de peu?. Quin és l'impuls que ha fet Beckham sobre la pilota?.

R: ($0 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($5 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($5 \text{ N}\cdot\text{s}$)

QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

161.Q. En un xoc perfectament inelàstic ...

- es perd tota l'energia cinètica del moviment relatiu.
- es conserva la quantitat de moviment total del sistema.
- es conserva l'energia cinètica del sistema.
- el coeficient de restitució val la unitat.

162.Q. El treball de la força resultant que actua sobre un cos:

- sols depèn de les posicions inicial i final.
- disminueix l'energia potencial.
- fa que variï l'energia cinètica.
- és nul.

163.Q. Es realitza treball quan:

- una grua intenta aixecar un camió sense aconseguir-ho.
- un cos llisca horitzontalment amb velocitat constant en absència de fregaments.
- un alumne intenta memoritzar l'equació del treball.
- una bomba aixeca aigua des d'un pou fins al nivell del sòl.

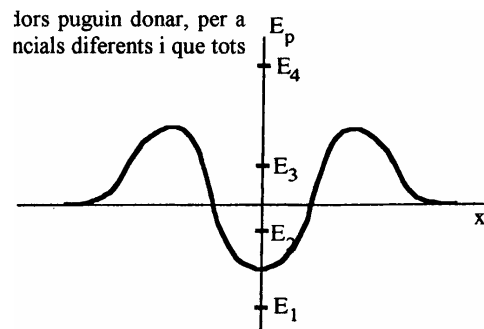
- 164.Q. Una força que actua sobre un cos diem que és conservativa si:
- és constant.
 - no realitza treball.
 - es conserva l'energia mecànica.
 - deriva d'una funció d'energia potencial.
- 165.Q. En una de les següents situacions la força esmentada realitza un treball NO nul. Quina és?:
- una força conservativa sobre un cos que descriu una trajectòria tancada.
 - una força central sobre un cos amb moviment circular uniforme.
 - la força resultant sobre un cos amb moviment rectilini i uniforme.
 - una força tangencial sobre un cos que descriu una trajectòria circular.
- 166.Q. Quina de les següents afirmacions és incorrecta:
- si la resultant de les forces externes sobre un sistema és nul·la, el CM estarà en repòs.
 - la quantitat de moviment total d'un sistema és igual al producte de la massa total per la velocitat del CM.
 - únicament les forces externes poden accelerar el CM d'un sistema.
 - la resultant de les forces internes sobre les partícules d'un sistema és nul·la.
- 167.Q. Dos blocs de massa m comprimeixen un ressort de massa menyspreable. És incorrecte afirmar que en alliberar el sistema ...
- ambdós blocs es mouen amb la mateixa velocitat.
 - la quantitat de moviment total del sistema és nul·la.
 - les forces que el ressort exerceix sobre les masses influeixen en el moviment del CM.
 - la velocitat del CM és nul·la.

QÜESTIONS DE RAONAMENT

- 168.Q. Siguin A i B dos plans inclinats d'igual altura h però tenint el pla A un angle d'inclinació més gran que el B. Si s'hi vol fer pujar un cos, amb velocitat constant i sense tenir en compte el fregament, en quin s'haurà de fer més força?. En quin cas es farà més treball?.
- 169.Q. Llancem tres cossos idèntics per tres plans inclinats de diferent angle respecte l'horitzontal, amb la mateixa velocitat. Raoneu en quin dels tres casos s'arribarà a major altura si el coeficient de fregament és el mateix pels tres plans.
- 170.Q. És possible que dos observadors puguin donar, per a un mateix cos, dues energies potencials diferents i que tots dos tinguin raó?.
- 171.Q. Com es modifica l'energia cinètica d'un cotxe en duplicar la seva velocitat?.

172.Q. Una caixa pesant és arrossegada pel terra des d'un punt A fins a un punt B. El treball realitzat per la força de fregament quan la caixa descriu una trajectòria en ziga-zaga és diferent del treball realitzat per la mateixa força quan la trajectòria que descriu la caixa és la més curta possible entre A i B?

173.Q. Una partícula està obligada a moure's en un camp de forces unidimensional que deriva del potencial representat a la figura adjunta. Discutiu els punts d'equilibri i la seva naturalesa. Quin seria el moviment d'una partícula d'energia E_1 , E_2 , E_3 o E_4 ?



174.Q. Un cotxe puja per una carretera de muntanya en ziga-zaga. El velocímetre marca constantment $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Fixada a la baca del cotxe hi ha una maleta.

Raoneu si durant la pujada, es conserva ...

- la quantitat de moviment de la maleta.
- l'energia cinètica de la maleta.
- l'energia mecànica de la maleta.

175.Q. Una pilota xoca amb el terra i rebot amb la mateixa velocitat. Ha variat la seva quantitat de moviment inicial o s'ha conservat?, per què?. Quina llei o teorema físic es compleix en aquesta situació?.

176.Q. Sobre una moto i sobre un camió actuen les mateixes forces al llarg d'un metre. Quina relació hi ha entre els increments d'energia cinètica de cadascun d'ells?. Justifiqueu la resposta.

177.Q. Pot un cos tenir energia sense quantitat de moviment?. Justifiqueu la resposta.

QÜESTIONS NUMÈRIQUES

178.Q. Sobre un gra de sorra i sobre un automòbil actua una força resultant d'1 N al llarg d'1 m en la direcció i sentit del moviment. Quin dels dos cossos adquirirà més energia cinètica?. I més quantitat de moviment?

179.Q. Raoneu en quin dels tres casos és més gran el treball realitzat per la força constant $\vec{F} = (4,3) \text{ N}$ per portar una partícula des de l'origen de coordenades al punt A (8,6), si la trajectòria descrita per la partícula és:

- Des de l'origen O seguint l'eix d'abscisses fins al punt (8,0) i des d'aquí paral·lelament a l'eix OY fins al punt A.
- Seguint l'eix d'ordenades fins a (0,6) i d'aquí perpendicularment a l'eix d'ordenades fins al punt A.
- Al llarg de la recta que uneix els punts O i A.



- 180.Q. Com pot un home elevar una caixa de 800 N fins un prestatge situat a 2 m del terra si la màxima força que pot realitzar és de 400 N?. Podria un nen elevar la mateixa caixa a la mateixa alçada, si la força màxima que pot realitzar és de 200 N?. Si comparéssim el treball realitzat per ambdós, quina relació hi trobaríem?.
- 181.Q. És més o menys perillós tenir un accident de tràfic xocant a $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ contra un vehicle immòbil o contra un vehicle que es mou a $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en sentit contrari?.
- 182.Q. D'acord amb el llibre de rècords mundials Guinness, una puça comú pot realitzar un salt vertical fins a una alçada de 20 cm. Se sap que, en aquest procés, la puça se sotmet a una acceleració cap amunt d'aproximadament $200\cdot g$. Calcula la potència de la puça, tot considerant que té una massa de 2 mg.
- 183.Q. Raoneu si la força $\vec{F} = x\vec{i} + 2y\vec{j}$ N és conservativa o no.
- 184.Q. Sobre una partícula actua una força variable $F = 6t$ N durant 10 segons. Quin tipus de moviment assolirà la partícula?. Quina és la variació de la quantitat de moviment en aquest temps?.

QÜESTIONS ALGEBRAIQUES

- 185.Q. Un cos A comprimeix una molla. Si es deixa anar, surt disparat amb una velocitat v_A . Si repetim l'experiència, però comprimint la molla amb un cos B de massa doble que la d'A: a) quina és la relació d'energies cinètiques, b) quina és la relació de velocitats?
- 186.Q. Disposem de dos ressorts de diferent constant: el ressort A, de constant elàstica k_1 , i el ressort B, de constant elàstica k_2 , tot essent $k_2 > k_1$. En quin cas es realitza més treball?:
a) quan se'ls estira fins a provocar el mateix allargament en ambdós ressorts;
b) quan se'ls estira fins que la força elàstica és la mateixa en ambdós ressorts.
- 187.Q. Una bola de massa m y velocitat v , xoca amb l'esfera d'un pèndol de massa M sortint amb una velocitat $v/2$. El pèndol penja d'un fil de longitud l . Quin és el menor valor de v perquè el pèndol completi una circumferència?.
- 188.Q. Un cos de massa m lligat a una corda descriu una trajectòria circular vertical. Calcula la diferència de les tensions de la corda entre el punt més baix i el més alt de la circumferència en funció del pes del cos.
- 189.Q. Tenim dos cossos de masses m i $8m$. Quina serà la relació de velocitats dels dos cossos després del xoc:
a) si inicialment el cos de massa $8m$ està en repòs
b) si inicialment el cos de massa m està en repòs



CRITERIS DE SIGNES

1. Magnituds vectorials del camp gravitatori: \vec{F}_g i \vec{g}

◇ Els signes de les definicions tenen significat d'orientació. No es tenen en compte a l'hora de calcular els valors dels seus mòduls. Es procedeix de la següent manera:

- Es representen en un esquema gràfic els vectors força o camp i s'escull un sistema de referència x-y que convingui.
- Es calculen els valors de manera que **seran sempre positius**. Els signes s'incorporen en escriure les expressions vectorials, tot dependent de l'orientació del vector:

$$F_g = \frac{G \cdot m \cdot m'}{r^2} \quad i \quad g = \frac{G \cdot m}{r^2}$$

i, si cal, es calculen per components

2. Magnituds escalars del camp gravitatori: E_{pg} i V_g

$$E_{pg} = -\frac{G \cdot m \cdot m'}{r} \quad i \quad V_g = -\frac{G \cdot m}{r}$$

- Ambdues magnituds es defineixen negatives. **El signe negatiu de les respectives equacions mai no es pot eliminar.**

3. Energia mecànica (total) d'un sistema lligat (com és el cas d'una partícula orbitant):

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - G \frac{M \cdot m}{r}$$

com que la velocitat del cos quan orbita és $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ llavors:

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot G \frac{M}{r} - G \frac{M \cdot m}{r}$$

$$E_m = -\frac{1}{2} \frac{G \cdot M \cdot m}{r}$$

- **Sempre ha de ser negativa**

EXERCICIS

*** Dades**

$M_{Terra} = 5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

$g_o = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (o } \text{m} \cdot \text{s}^{-2}\text{)}$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

$R_{Lluna} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$

$R_{Terra} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$

$M_{Sol} = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

$d_{Terra-Lluna} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$

$d_{Terra-Sol} = 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$

190. Calculeu l'acceleració de la gravetat en la "superfície" del Sol si el seu radi és 110 vegades el radi de la Terra i la seva massa 330000 vegades la massa de la Terra. Si un home pesa 1078 N en la superfície de la Terra, quan pesaria en la "superfície" del Sol?.

R: $(267 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})$ (29,3 kN)

191. A quina altura de la superfície de la Terra s'ha de trobar un cos perquè el seu pes disminueixi en un 10 %?.

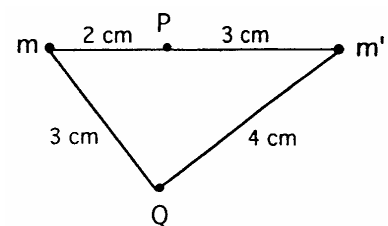
R: (344 km)

192. Un astronauta es troba en un planeta de radi igual a un 70 % del de la Terra i per conèixer la seva massa experimenta amb un pèndol de longitud 1 m, i observa que el seu període val 2,5 s. Quant val la massa del planeta?.

R: $(1,88 \cdot 10^{24} \text{ kg})$

193. La distància entre els centres de la Terra i de la Lluna és d'uns $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$. La massa de la Lluna és 0,012 vegades la de la Terra. Calculeu a quin punt, entre la Terra i la Lluna, un objecte es trobaria en equilibri a causa de l'atracció dels dos astres.

R: $(3,46 \cdot 10^5 \text{ km})$



194. Donades les masses $m = 0,036 \text{ kg}$ i $m' = 0,144 \text{ kg}$.

Calculeu per al punt P de la figura: a) el camp gravitatori resultant; b) la força que actuaria sobre una massa $M = 0,5 \text{ kg}$; c) el potencial gravitatori.

Contesteu les mateixes preguntes per al punt Q.

R: $(4,67 \cdot 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(2,33 \cdot 10^{-9} \text{ N})$ $(-4,40 \cdot 10^{-10} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(6,57 \cdot 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(3,28 \cdot 10^{-9} \text{ N})$ $(-3,20 \cdot 10^{-10} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1})$

195. Tenim tres masses fixes i iguals, de 100 kg, situades als punts de coordenades (0,0), (6,0) i (3,2), coordenades expressades en metres. Calculeu: a) el camp gravitatori creat per aquestes masses en el punt (3,1); b) l'energia potencial gravitatòria d'aquest sistema; c) a quina força estarà sotmesa una massa de 100 kg situada en el punt (3,1); d) quin treball s'haurà de fer per traslladar una massa d'1 kg des d'aquest punt fins a l'infinit.

R: $(6,25 \cdot 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(-1,09 \cdot 10^{-6} \text{ J})$ $(6,25 \cdot 10^{-7} \text{ N})$ $(1,09 \cdot 10^{-8} \text{ J})$

196. Calculeu el treball que és necessari realitzar per desplaçar una massa d'1 kg des d'un punt situat a 3 m d'una altra massa de 5 kg fins a un altre punt situat a 1 m de la segona massa.

R: $(-2,22 \cdot 10^{-10} \text{ J})$



197. Si, per alguna causa interna, el radi de la Terra es reduís a la meitat mantenint constant la seva massa; a) quina seria la intensitat del camp gravitatori a la nova superfície? (doneu el resultat en funció de g_0); b) es modificaria substancialment la seva òrbita al voltant del Sol?; c) es modificaria la duració del dia terrestre; d) es modificaria la velocitat d'escapament?, quant valdria?

R: ($4g_0$) ($15,8 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$)

198. Determineu l'altura i la velocitat d'un satèl·lit (en òrbita circular en el pla equatorial) que roman constantment sobre el mateix punt de la superfície terrestre.

R: ($3,58\cdot 10^4 \text{ km}$; $3,07 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$)

199. Ió és el més interior dels satèl·lits de Júpiter (i fou descobert per Galileu el 7 de gener del 1610) que es troba a la distància de $4,22\cdot 10^5 \text{ km}$ del planeta i el seu període de revolució és de 1,77 dies. D'altra banda, Rea és un satèl·lit de Saturn (descobert per Cassini el 23 de desembre del 1672) que és a una distància del planeta de $5,27\cdot 10^5 \text{ km}$, i el seu període de revolució és de 4,52 dies. Quina serà la relació existent entre les masses de Júpiter i Saturn?

R: ($M_{\text{Júpiter}}/M_{\text{Saturn}} = 3,35$)

200. Un satèl·lit de 5000 kg de massa descriu una trajectòria circular de 8000 km de radi al voltant de la Terra. Determineu les seves energies cinètica, potencial i total.

R: ($1,24\cdot 10^{11} \text{ J}$, $-2,48\cdot 10^{11} \text{ J}$, $-1,24\cdot 10^{11} \text{ J}$)

201. Un meteorit es troba inicialment en repòs a una distància del centre de la Terra igual a sis vegades el radi de la Terra. Amb quina velocitat arribarà a la superfície terrestre?

R: ($10,2 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$)

202. Volem situar un satèl·lit artificial de massa 1200 kg en una òrbita circular a 6500 km del centre de la Terra. Quina energia li hem de comunicar?

R: ($3,67\cdot 10^{10} \text{ J}$)

203. A quina distància del centre de la Terra, sobre la recta que uneix els centres de la Terra i la Lluna, es troba el punt en què la intensitat del camp gravitatori terrestre és doble que la intensitat del camp gravitatori de la Lluna. La massa de la Terra és 81 vegades la massa de la Lluna.

R: ($3,32\cdot 10^8 \text{ m}$)

204. A quina altura s'hauria d'eleva un cos sobre la superfície de la Terra perquè l'acceleració de la gravetat canviï en un 1 %?; a quina fondària s'hauria de baixar sota la superfície de la Terra per observar el mateix canvi?

R: ($32,1 \text{ km}$) ($31,6 \text{ km}$)

205. Un coet surt de la Terra en direcció radial i volem que s'allunyi fins a l'infinit, suposant que la Terra està aïllada a l'espai. Quina serà la velocitat que haurà de portar quan es trobi a 10^4 km de la superfície terrestre?

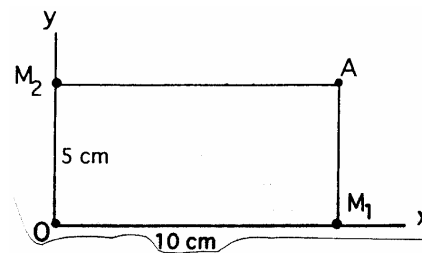
R: ($6,97 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$)

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

206. Una massa de 800 kg i una altra de 600 kg estan separades 0,25 m. a) Quina és la intensitat del camp gravitatori que produeixen aquestes masses en un punt situat a 0,20 m de la massa de 800 kg i a 0,15 m de la de 600 kg?. b) Quin és el potencial gravitatori en aquest punt a causa d'aquestes mateixes masses?.

R: $(2,22 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(-5,34 \cdot 10^{-7} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1})$

207.a) Quina és la força exercida per les masses de la figura sobre una altra de 10 g situada a l'origen; b) quin és el potencial gravitatori en el punt O i en el punt A; c) quin treball cal per a traslladar la massa de 10 g des d'A fins a O.



Dades: $M_1 = 300 \text{ g}$, $M_2 = 100 \text{ g}$.

R: $(3,33 \cdot 10^{-11} \text{ N})$ $(-3,33 \cdot 10^{-10} \text{ i } -4,67 \cdot 10^{-10} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1})$ $(1,34 \cdot 10^{-12} \text{ J})$

208. Un satèl·lit artificial es mou en una òrbita circular a una altura de 300 km sobre la superfície de la Terra. Calculeu: a) la seva velocitat lineal i angular, b) el seu període de revolució i c) l'acceleració centrípeta.

R: $(7720 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$ $(1,16 \text{ mrad} \cdot \text{s}^{-1})$ (5416 s) $(8,97 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})$

209. La massa de la Lluna és, aproximadament, $6,7 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ i el seu radi $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}$. a) Quina distància recorrerà un cos en 1 s, en caiguda lliure a la Lluna, si s'abandona en un punt pròxim a la seva superfície. b) Quin serà el "pes" a la Lluna d'un home que a la Terra "pesa" 70 kg. c) Quin serà el període d'oscil·lació a la superfície lunar d'un pèndol que bat segons a la superfície de la Terra.

R: (87 cm) (122 N) $(4,74 \text{ s})$

210. Es llança un satèl·lit artificial que roman geostacionari en la vertical sobre un punt de la Terra. Calculeu: a) l'altura sobre la superfície a què estarà situat, b) l'energia total que tindrà.

Dades: *Radi terrestre = 6370 km, massa del satèl·lit = 100 kg i intensitat del camp gravitatori terrestre a la superfície = $9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.*

R: $(3,585 \cdot 10^7 \text{ m})$ $(-4,715 \cdot 10^8 \text{ J})$

211. Calculeu: a) l'energia potencial d'un objecte de 100 kg a la superfície de la Terra; b) l'energia potencial del mateix objecte a una altura igual al radi terrestre per sobre de la superfície de la Terra; c) la velocitat d'escapament d'un cos llançat des d'aquesta altura.

Dades: $R_T = 6370 \text{ km}$ i $g_0 = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

R: $(-6,25 \cdot 10^9 \text{ J})$ $(-3,12 \cdot 10^9 \text{ J})$ $(7,91 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1})$

212. Un satèl·lit artificial de 250 kg gira en una òrbita circular al voltant de la Terra, a 600 km d'altura. Calculeu: a) la força que origina el seu moviment; b) la seva velocitat a l'òrbita; c) el nombre de voltes que dona en 24 h.

R: (2049 N) $(7558 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1})$ (15 voltes)



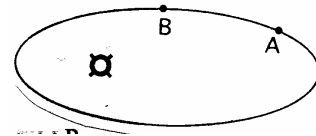
QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

213.Q. Una de les següents afirmacions sobre un satèl·lit geoestacionari no és correcta. Quina?

- a) té la mateixa velocitat angular que la Terra.
- b) té la mateixa velocitat lineal que un punt de la superfície de la Terra.
- c) està situat, aproximadament, a 36000 km de la superfície de la Terra.
- d) roman contínuament sobre el mateix punt de la superfície terrestre.

214.Q. Un cometa descriu una òrbita el·líptica al voltant del Sol. Siguin A i B dues posicions de la seva trajectòria, estant B més a prop del Sol que A. Es compleix:

- a) la velocitat de translació a A és més gran que a B.
- b) l'energia potencial a A és més gran que a B.
- c) l'acceleració a A és més gran que a B.
- d) la força d'atracció gravitatòria a A és més gran que a B.



QÜESTIONS DE RAONAMENT

215.Q. Un cometa s'acosta al Sol, gira al seu voltant i s'allunya. Si quan està a prop del Sol, la suma de les seves energies potencial gravitatòria i cinètica és inferior a zero, tornarà algun altre cop el cometa?.

216.Q. Al voltant d'un planeta giren dos satèl·lits. El període del més allunyat és 8 vegades més gran que el de l'altre. Quant val la relació entre els radis de les òrbites?.

217.Q. Sovint es troba als mitjans de comunicació fervents defensors de la influència que exerceixen els astres sobre els éssers humans en el moment del seu naixement. Al contrari, els detractors d'aquestes idees afirmen que és més gran la influència gravitatòria del ginecòleg que assisteix al part que la que exerceix el planeta Mart, per exemple. Quina és la teva opinió?

218.Q. Si el diàmetre de Mart és, aproximadament, la meitat del terrestre i la seva massa és la dècima part de la de la Terra, com és l'acceleració de la gravetat en la superfície de Mart comparada amb la terrestre?.

219.Q. Si la densitat de la Terra es fes tres vegades més gran, com hauria de variar el radi perquè es mantingués constant el valor de l'acceleració de la gravetat?.

220.Q. Demostreu que la velocitat d'escapament des de la superfície d'un planeta v_e i la primera velocitat còsmica v_o (velocitat que cal comunicar a un cos en la superfície del planeta, en direcció horitzontal, perquè comenci a orbitar al voltant de la Terra; radi de l'òrbita = radi de la Terra) estan relacionades per l'expressió: $v_e = \sqrt{2} \cdot v_o$.

CRITERIS DE SIGNES

1. Magnituds vectorials del camp elèctric: \vec{F}_e i \vec{E}

◇ Els signes positius o negatius que acompanyen aquestes magnituds són signes d'orientació. No es tenen en compte a l'hora de calcular els valors dels seus mòduls. Es procedeix de la següent manera:

a) Es representen en un esquema gràfic els vectors força o camp i s'escull un sistema de referència x-y que convingui.

b) Es calculen els mòduls d'aquests vectors **sense tenir en compte els signes de les càrregues.**

$$F_e = \frac{K \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{r^2} ; E = \frac{K \cdot |q|}{r^2}$$

i, si cal, es calculen els components.

2. Relacions entre la força i el camp elèctric

$$F_e = q' \cdot E$$

No cal tenir en compte el signe de la càrrega q' . Només per a indicar si els sentits de \vec{F}_e i \vec{E} són el mateix o són contraris.

3. Magnituds escalars del camp elèctric: E_{pe} i V_e

◇ Tant a l'equació de l'energia potencial elèctrica, E_{pe} , com a la del potencial elèctric, V_e :

$$E_{pe} = \frac{K \cdot q \cdot q'}{r} \quad V_e = \frac{K \cdot q}{r}$$

s'ha de tenir en compte els signes de les càrregues, que de cap manera es poden eliminar.

$$\text{Càrrega} \begin{cases} \text{POSITIVA} \Rightarrow \text{potencial positiu} \\ \text{NEGATIVA} \Rightarrow \text{potencial negatiu} \end{cases}$$

També s'ha de tenir en compte el signe de la càrrega q' en l'expressió del treball de la força del camp i en la del treball extern:

$$W_{\text{sistema}} = -q' \cdot \Delta V \quad \text{i} \quad W_{F_{\text{externes}}} = +q' \cdot \Delta V$$

**EXERCICIS***** Dades**

$$m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_{\text{protó}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

221. Quina és la magnitud d'una càrrega elèctrica puntual quan el camp elèctric a 50 cm de la càrrega té una magnitud de $2,0 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

$$\text{R: } (5,56 \cdot 10^{-11} \text{ C})$$

222. Quina ha de ser la càrrega d'una partícula de 2 g de massa si es vol que es mantingui en repòs en un punt en què el camp elèctric està dirigit cap a baix i la seva intensitat és de $500 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

$$\text{R: } (-3,92 \cdot 10^{-5} \text{ C})$$

223. Dues càrregues iguals i oposades de magnituds $3,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ estan separades 20 cm. a) Quina és la magnitud i direcció del camp elèctric en el punt mig entre ambdues càrregues?. b) Quina força (magnitud, direcció i sentit) s'exerciria sobre un electró col·locat en aquest punt?.

$$\text{R: } (5,40 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}) (8,64 \cdot 10^{-14} \text{ N})$$

224. Dues càrregues puntuals de $5 \mu\text{C}$ i $10 \mu\text{C}$ estan situades en el buit, separades 1 m. a) Quin és el mòdul i direcció del camp elèctric en un punt situat a 1 m de cadascuna de les càrregues?. b) Determineu el punt on el camp elèctric d'aquestes dues càrregues és nul.

$$\text{R: } (1,22 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}) (0,41 \text{ m de la càrrega de } 5 \mu\text{C i } 0,59 \text{ m de la de } 10 \mu\text{C})$$

225. El potencial a una certa distància d'una càrrega puntual és 600 V i el mòdul del camp elèctric val $200 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$. a) Quina és la distància a la càrrega puntual?. b) Quina és la magnitud de la càrrega?.

$$\text{R: } (3 \text{ m}) (2 \cdot 10^{-7} \text{ C})$$

226. Es trasllada una càrrega molt allunyada de -3 C fins a un cert punt el potencial del qual és desconegut. S'observa que per fer-ho s'ha de realitzar un treball extern de $+30 \text{ J}$. a) Quin és el potencial que existeix en aquest punt?. b) Quina és la variació d'energia potencial de la càrrega?. Feu una interpretació dels resultats obtinguts.

$$\text{R: } (-10 \text{ V}) (30 \text{ J})$$

227. Una càrrega positiva de $2 \mu\text{C}$ està situada a l'origen de coordenades. Determineu: a) el potencial elèctric en un punt A, a 4 m de l'origen; b) l'energia potencial que adquireix una càrrega de $3 \mu\text{C}$ situada en el punt A; c) el treball que ha de realitzar un agent extern per traslladar la càrrega de $3 \mu\text{C}$ des de l'infinit fins el punt A; d) el treball que ha de realitzar un agent exterior per traslladar la càrrega de $2 \mu\text{C}$ des de l'infinit fins a l'origen si la càrrega de $3 \mu\text{C}$ es col·loca prèviament al punt A.

$$\text{R: } (4500 \text{ V}) (0,0135 \text{ J}) (0,0135 \text{ J}) (0,0135 \text{ J})$$

228. Tres càrregues puntuals positives de $2 \mu\text{C}$ es troben en els vèrtexs d'un quadrat de 3 m de costat. Calculeu: a) el camp elèctric resultant en el quart vèrtex; b) el potencial en el quart vèrtex; c) el treball que s'hauria de realitzar per traslladar una quarta càrrega de $2 \mu\text{C}$ des de l'infinit fins al quart vèrtex.
R: ($3828 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$) (16,2 kV) (0,0325 J)
229. Segons el model atòmic de Bohr, en un àtom d'hidrogen en estat fonamental, l'electró es mou al voltant del protó en una òrbita circular de $0,53 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). Calculeu: a) la seva energia potencial; b) la seva energia cinètica; c) la seva energia total; d) la freqüència del seu moviment.
R: ($-4,35 \cdot 10^{-18} \text{ J}$) ($2,17 \cdot 10^{-18} \text{ J}$) ($-2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$) ($6,55 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$)
230. Entre dues plaques planes i paral·leles, separades 2,0 cm, carregades amb igual càrrega però de signe contrari, existeix un camp elèctric uniforme. S'allibera un electró de la superfície de la placa negativa i $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ després xoca amb la superfície de la placa oposada. Calculeu la intensitat del camp elèctric i la velocitat amb què l'electró xoca amb la placa.
R: ($1012 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$) ($2666 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$)
231. Una petita esfera de 0,2 g penja de l'extrem d'un fil entre dues plaques verticals paral·leles separades 5 cm. La càrrega de l'esfera és de 6 nC. Quina serà la diferència de potencial entre les plaques si el fil forma un angle de 10° amb la vertical?
R: (2883 V)
232. S'estableix una diferència de potencial de 100 V entre dues plaques de 2 cm de longitud col·locades horitzontalment i separades 1 cm. S'introdueix un electró amb velocitat inicial de $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en direcció perpendicular al camp pel punt central entre les plaques. Calculeu: a) la desviació transversal (= distància vertical) quan surt de les plaques; b) la velocitat transversal (v_y) quan surt de les plaques.
R: (3,51 mm) ($3,51 \cdot 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
233. Dues càrregues puntuals de $-5 \mu\text{C}$ i $10 \mu\text{C}$ estan situades en el buit, separades 1 m. Quin és el valor del camp elèctric en un punt A situat a 0,6 m de la primera càrrega i 0,8 m de la segona?
R: ($1,88 \cdot 10^5 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$)
234. Dues càrregues puntuals de $2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ i $-3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ estan separades una distància de 0,1 m. Calculeu el camp i el potencial elèctric resultant en els següents punts: a) punt mig entre les càrregues, b) a 0,04 m de la primera, sobre la recta que passa per les càrregues però fora del segment que les uneix, c) a 0,1 m de cada càrrega. d) En quin punt s'anul·la el camp elèctric?
R: ($1,8 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$, -18 kV) ($9,87 \cdot 10^5 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$; 25,7 kV) ($2,38 \cdot 10^5 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$; -9 kV) (0,445 m de la primera)
235. Dues càrregues puntuals de +20 nC i -12 nC estan separades 5 cm. Un electró està inicialment en repòs entre les dues càrregues a 1 cm de la càrrega negativa. Quina és la seva velocitat quan està a 1 cm de la càrrega positiva?
R: ($8,7 \cdot 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

236. Es llança un electró en un camp elèctric uniforme d'intensitat $5000 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ dirigit verticalment cap amunt. La velocitat inicial de l'electró, de $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, forma un angle de 30° per damunt l'horitzontal.

Calculeu:

- a) el temps necessari perquè l'electró arribi a l'altura màxima;
- b) l'elevació màxima a partir de la seva posició inicial;
- c) la distància horitzontal que abasta fins que torna a l'altura inicial.

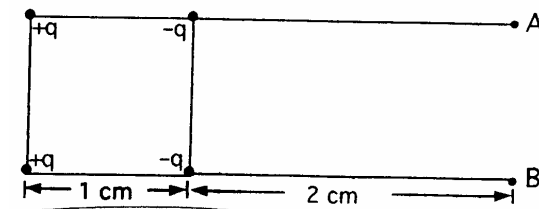
R: ($5,69 \cdot 10^{-9} \text{ s}$) (1,42 cm) (9,86 cm)

237. Dues càrregues puntuals, iguals i positives estan situades en el buit, separades 6 cm. Se sap que en el punt A el mòdul del camp elèctric val $2 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$. Calculeu el valor de la càrrega i el camp elèctric a B.

R: ($3,47 \cdot 10^{-13} \text{ C}$, $0,80 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$)

figura
31

238. Les quatre càrregues de la figura estan situades en els vèrtexs d'un quadrat d'1 cm de costat. Les càrregues són d'1 μC , dues positives i dues negatives, tal i com es veu a la figura.



Calculeu el potencial elèctric en A i en B i el treball necessari per traslladar una càrrega de $2 \mu\text{C}$ d'A fins a B.

R: ($-2,68 \cdot 10^5 \text{ V}$; $-2,68 \cdot 10^5 \text{ V}$; 0 J)

239. Les armadures d'un condensador pla horitzontal estan separades 2 cm, actuant el buit com dielèctric. Per un orifici de la placa positiva entra a l'interior del condensador un electró amb una energia de 5 eV, formant la direcció de la seva velocitat un angle de 60° amb la placa. Quina forma té la trajectòria de l'electró a l'interior del condensador?. Si aquesta trajectòria ha de ser tangent a la placa negativa del condensador, quant ha de valer la diferència de potencial entre les armadures?. En aquestes condicions, a quina distància horitzontal del punt d'entrada incideix l'electró sobre la placa positiva?.

Dada: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

R: (parabòlica) (3,75 V, 4,62 cm)

240. Dues esferes molt petites de 10 g de massa i carregades positivament amb la mateixa càrrega, estan situades en els extrems de dos fils de seda de longitud 1 m, penjats del mateix punt. Si, en la posició d'equilibri, l'angle que formen els fils entre ells és de 60° . Calculeu: a) la tensió de cada fil, b) la càrrega de cada esfera, c) la velocitat d'una de les càrregues en passar per la vertical si en desapareix l'altra. d) si es vol que, en desaparèixer una de les càrregues, l'altra es mantingui immòbil, quin i com ha de ser el camp elèctric que caldria aplicar-hi.

R: (0,113 N) ($2,51 \mu\text{C}$) ($3,37 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($2,25 \cdot 10^4 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$)

QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

241.Q. Per a una càrrega puntual ...

- a) les superfícies equipotencials són tangents al vector camp.
- b) les superfícies equipotencials són esferes concèntriques.
- c) les superfícies equipotencials són paral·leles a les línies de camp.
- d) el treball efectuat per moure una càrrega sobre una superfície equipotencial és màxim.

242.Q. A i B són dos punts del camp electrostàtic creat per una càrrega puntual negativa Q . A està més allunyat de la càrrega que B . Es compleix:

- a) el potencial elèctric a A és més gran que a B .
- b) el mòdul del camp elèctric a A és més gran que a B .
- c) el treball per moure una càrrega positiva de B a A és negatiu.
- d) la línia de força està dirigida de B a A .

243.Q. D'aquestes afirmacions sobre un condensador de plaques paral·leles, quina és falsa?:

- a) el camp elèctric a l'interior és aproximadament uniforme.
- b) la seva capacitat depèn de la grandària i la forma dels conductors.
- c) la seva capacitat depèn de la diferència de potencial entre les plaques.
- d) la diferència de potencial entre les plaques és directament proporcional a la distància entre elles, si es manté la càrrega constant.

244.Q. Un conductor esfèric que posseeix una càrrega $+Q$ es posa en contacte amb un altre conductor idèntic però no carregat. En separar-los es compleix que:

- a) el potencial d'ambdós és nul.
- b) cadascun d'ells es queda amb una càrrega $+Q$.
- c) el camp a l'interior d'ambdós és nul.
- d) la càrrega elèctrica es distribueix uniformement en tot el volum de cada conductor.

QÜESTIONS DE RAONAMENT

245.Q. Es deixa en llibertat sense velocitat inicial una càrrega negativa en una regió de l'espai on hi ha un camp elèctric. Aquesta càrrega, es mourà cap a un punt de major o de menor potencial elèctric? Justifiqueu la resposta.

246.Q. El treball d'un agent extern per moure una càrrega negativa q' , acostant-la a una altra càrrega q és positiu. En aquest moviment, el potencial augmenta o disminueix?. Quin és el signe de la càrrega q ?. Justifiqueu la resposta.

247.Q. De quina forma ens hem de moure al voltant d'una càrrega puntual de forma que no variï el potencial elèctric?.



- 248.Q. Dibuixeu un esquema amb dues càrregues elèctriques, tot especificant clarament el signe i la magnitud de les càrregues per als dos casos següents: a) Que en cert punt de l'espai sigui nul el potencial elèctric però no el camp. b) Que en cert punt de l'espai sigui nul el camp elèctric però no el potencial.
- 249.Q. Se situen quatre càrregues iguals i totes positives en els quatre vèrtexs d'un quadrat. Quina orientació tindrà el camp elèctric en el centre del quadrat?. Quina modificació s'hauria d'introduir en l'estructura si volguéssim que el potencial en el centre del quadrat fóra nul?.
- 250.Q. Suposeu dues càrregues puntuals positives Q i Q' , essent $Q' > Q$. a) El camp elèctric E creat per Q en el punt on es troba Q' és major, menor o igual que el camp elèctric E' creat per Q' en el punt on està situada Q ?. b) La força F que actua sobre Q deguda a Q' és major, menor o igual que la força F' que actua sobre Q' deguda a Q ?
- 251.Q. a) Si es carrega elèctricament una bombolla de sabó, el seu diàmetre augmentarà, disminuirà o es quedarà igual?. b) Si es col·loca una bombolla de sabó en un camp elèctric uniforme, quina forma adopta?.
- 252.Q. La diferència de potencial entre dos punts A i B és $V_B - V_A = -1$ V. Calculeu el treball que haurà de realitzar un agent extern per traslladar una càrrega de 3 C des del punt A fins al punt B. Quin treball realitzarà la força del camp en el trajecte anterior?.
- 253.Q. Un electró de massa $9 \cdot 10^{-31}$ kg i càrrega $1,6 \cdot 10^{-19}$ C posat en un camp elèctric uniforme de 10^6 V·m⁻¹, quina acceleració adquireix (en mòdul, direcció i sentit)?.
- 254.Q. En un punt existeix un camp elèctric de 8 N·C⁻¹ vertical i cap a baix. En situar-hi una càrrega q experimenta una força de $2,4 \cdot 10^{-5}$ N vertical i cap amunt. Quin és el valor de la càrrega?.
- 255.Q. Un electró es situa en un punt on el potencial elèctric és +10 V. Posteriorment es col·loca en un altre punt on el potencial és -10 V. On és més gran la seva energia potencial?.
- 256.Q. Expliqueu la relació que hi ha entre el camp elèctric i el potencial, i interpreteu-ne la representació mitjançant línies de força, i superfícies equipotencials.
- 257.Q. Per què és impossible que les línies de força d'un camp elèctric es tallin?.
- 258.Q. Dues esferes metàl·liques carregades elèctricament amb +4 C i -2 C, respectivament, s'atrauen amb una força F quan són a una distància d . Les podem en contacte i després les situem a la distància d . Digueu si ara s'atrauen o es repel·leixen.

259. Un electró entra amb una velocitat de $2 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en direcció perpendicular a un camp magnètic uniforme de 10^{-4} T . Calculeu:

- La força sobre l'electró.
- El radi de l'òrbita descrita.
- El període del moviment.

R: ($3,2 \cdot 10^{-16} \text{ N}$) (1,1 m) ($3,5 \cdot 10^{-7} \text{ s}$)

260. Una espira rectangular de $20 \cdot 30 \text{ cm}$ es troba en una regió on existeix un camp magnètic de 3 T dirigit en el sentit negatiu de l'eix Oz . L'espira està situada al pla xy i, més tard, gira fins que el seu pla forma un angle de 60° amb l'eix Oz . Calculeu:

- El flux magnètic a través de l'espira en les dues orientacions.
- L'acció del camp magnètic sobre l'espira quan aquesta es troba en la primera orientació.

R: (0,18 Wb; 0,16 Wb) (0 N·m)

261. Un feix d'electrons accelerat per una diferència de potencial de 50 kV es mou en el sentit positiu de l'eix Ox i penetra en una regió on existeix un camp magnètic de 2 T orientat en el sentit positiu de l'eix Oy . Calculeu el camp elèctric que hi caldria aplicar perquè els electrons mantinguessin rectilínia la seva trajectòria.

R: ($2,7 \cdot 10^8$ en el sentit positiu de l'eix Oz)

262. Una espira quadrada de 10 cm de costat està situada en el pla xy , en una regió on existeix un camp magnètic dirigit en el sentit de l'eix Oz . Calculeu la força electromotriu induïda en l'espira si:

- La intensitat del camp augmenta linealment amb el temps, des de $0,5$ fins a 2 T en 15 s .
- Mantenint constant el camp magnètic a 2 T es fa girar l'espira 50 rpm al voltant de l'eix que passa pel punt mig de dos dels seus costats contigus.

R: (-1 mV) $\left(0,105 \sin \frac{5\pi}{3} t \text{ V} \right)$

263. Una espira conductora de 200 cm^2 es troba dins una regió on existeix un camp magnètic uniforme de $0,18 \text{ T}$ dirigit perpendicularment al pla de l'espira. Al cap de $0,10 \text{ s}$ l'espira ha girat 30° al voltant de l'eix que passa per un dels seus diàmetres. Determineu la força electromotriu induïda a l'espira.

R: ($4,8 \text{ mV}$)

264. Una bobina giratòria de 40 espires té un radi de 3 cm i una resistència de 16Ω . Si la bobina es fa girar 180° en un camp magnètic de $0,5 \text{ T}$, quanta càrrega circula per ella?

R: ($7,07 \text{ mC}$)



265. Una bobina cilíndrica de 25 cm de longitud i 0,8 cm de radi, amb 400 voltes, està en un camp magnètic extern de 600 G que fa un angle de 50° amb el seu eix.
- Trobeu el flux magnètic a través de la bobina.
 - Determineu quant val la força electromotriu induïda a la bobina si el camp es redueix a zero en 1,4 s.
- R: (3,10 mWb) (2,22 mV)
266. Una bobina rectangular de $2 \cdot 1,5$ cm té 300 voltes i gira a 60 Hz en un camp magnètic \vec{B} . Quin ha de ser el valor d'aquest camp per tal que la màxima fem generada sigui de 24 V?.
- R: (0,71 T)
267. Una barra de 30 cm de longitud es mou a $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en un pla perpendicular a un camp magnètic de 500 G. La velocitat de la barra és perpendicular a la seva llargada. Trobeu:
- La força magnètica sobre un electró de la barra.
 - El camp electrostàtic \vec{E} a la barra.
 - La diferència de potencial ΔV entre els extrems de la barra.
 - La velocitat de la barra, si aquesta diferència de potencial entre els extrems fos de 6 V.
- R: ($6,4 \cdot 10^{-20}$ N) (0,4 NC⁻¹) (0,12 V) ($400 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
268. Un protó es mou en un camp magnètic uniforme amb una velocitat de $10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Si descriu una circumferència de 5 cm de radi, quant val el camp magnètic?.
- R: (0,21 T)
269. Un conductor de 20 cm de longitud per on circula un corrent de 4 A, està en un pla perpendicular a un camp magnètic de 0,02 T. Quina força exerceix el camp sobre el conductor?.
- R: (16 mN)
270. Una vareta metàl·lica de 2 m de longitud es desplaça amb velocitat v constant i perpendicular al seu eix sobre un pla horitzontal. El component vertical del camp magnètic terrestre té la intensitat $B = 0,4 \text{ mT}$ i s'esdevé entre els extrems de la vareta una diferència de potencial de 2 mV. Calculeu la velocitat v .
- R: ($25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)
271. Un rodet pla, de gruix menyspreable, té 50 espires i 100 cm^2 d'àrea per espira; està situat inicialment de manera que el seu pla és perpendicular a un camp magnètic uniforme i estàtic de 0,1 T. Se'l fa girar després a una velocitat de 10 voltes per segon al voltant d'un eix contingut en un pla i perpendicular al camp magnètic. Trobeu la fem induïda en funció del temps.
- R: ($\pi \cdot \sin 20\pi t$ V)

272.a) L'oïda humà és sensible a freqüències sonores compreses entre 20 i 20000 Hz, aproximadament. Quines són les longituds d'ona a l'aire corresponents a aquestes freqüències?, i a l'aigua?.

b) L'ull humà és sensible a ones electromagnètiques les longituds d'ona de les quals són compreses entre 400 i 700 nm. Quines són les freqüències corresponents a aquestes ones lluminoses?.

R: (17 m, 0,017 m; 75 m, 0,075 m) ($7,5 \cdot 10^{14}$ Hz, $4,29 \cdot 10^{14}$ Hz)

273.La funció d'ona corresponent a una ona harmònica en una corda és: $y(x,t) = 0,001 \sin(314t + 62,8x)$ en unitats SI. a) En quina direcció i sentit es mou aquesta ona i amb quina velocitat?. b) Determineu-ne la longitud d'ona, la freqüència i el període. c) Quin és el desplaçament transversal màxim d'un segment qualsevol de la corda?.

R: ($5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) (0,1 m, 50 Hz, 0,02 s)

274.L'equació de certa ona és $y(x,t) = 20 \cdot \sin 2\pi(100t - 2x)$ en unitats SI. Calculeu: a) l'amplitud, la longitud d'ona, la freqüència, la velocitat i el sentit de propagació; b) l'elongació, la velocitat i l'acceleració d'un punt situat a 10,1 m del focus a l'instant $t = 1$ s.

R: (20 m, 0,5 m, 100 Hz, $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) (-19 m, $3883 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $7,51 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

275.Una ona està representada per l'equació $y(x,t) = 2 \cdot \cos 2\pi \cdot (t/4 + x/160)$ on x i y venen donades en centímetres i t en segons. a) Quines són les característiques de l'ona?, b) quina és la velocitat de propagació?, c) quina és la diferència de fase per a una mateixa partícula quan ha transcorregut un temps de 2 s?.

R: (0,02 m; 1,6 m; 0,25 Hz; 4 s) ($0,40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) (0,5 rad)

276.Una ona longitudinal es propaga per una molla que té un extrem unit a una font de vibració. Si la freqüència de la vibració és 25 Hz i la longitud d'ona 0,24 m, calculeu: a) la velocitat de propagació de l'ona per la corda, b) l'equació d'ona si l'elongació màxima és 0,3 cm i es propaga en el sentit positiu de l'eix Ox .

R: ($6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) ($y(x,t) = 0,003 \cdot \sin 25\pi(2t - \frac{x}{3}) \text{ m}$)

277.En el centre d'una piscina circular de 10 m de radi es produeix una pertorbació que origina un moviment ondulatori en la superfície de l'aigua; la longitud d'ona val 0,75 m i triga 10 s en arribar a la vora. Calculeu: a) el període i la freqüència del moviment, b) l'amplitud si 0,25 s després d'iniciat el moviment l'elongació en el centre de la piscina és de 4 cm, c) l'elongació d'un punt situat a 6 cm del focus emissor a l'instant $t = 12$ s, d) la velocitat d'aquest punt a l'instant esmentat.

R: (0,75 s, $4/3$ Hz) (4,62 cm) (-2,23 cm) ($0,34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

278.Una ona de 10 cm d'amplitud es propaga d'esquerra a dreta amb un període de 12 s. Si suposem que es sinusoidal, trobeu l'elongació a l'origen quan el temps és 1 s tot comptant a partir de l'inici del moviment, des de la posició d'equilibri, En aquest mateix instant, l'elongació és nul·la en un punt que dista 4 cm de l'origen cap a la dreta. Trobeu a més la longitud d'ona.

R: (5 cm) (0,48 m)



279. L'extrem d'una corda ($x = 0$) oscil·la amb un MHS. d'amplitud 0,1 m i freqüència angular $20\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Per la corda es propaga una ona sinusoidal i el punt amb $x = 0,05$ m vibra segons l'expressió $y = A\cdot\sin(\omega t - \pi/4)$. Calculeu: a) la freqüència de l'ona, b) la velocitat de propagació, c) la longitud d'ona, d) l'equació d'ona.

R: (10 Hz) ($4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (0,4 m) ($y(x,t) = 0,1\cdot\sin(20\pi t - 5\pi x)$ m)

280. Una ona transversal sinusoidal té una freqüència de 40 cicles per segon i es desplaça en la direcció negativa de l'eix Ox amb una velocitat de $288 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Al moment inicial, la partícula situada a l'origen té un desplaçament de 2 cm i una velocitat de $-377 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Escriviu l'equació d'ona.

R: ($y(x,t) = -0,025\cdot\sin(251t + 87,3x - 0,93)$ m)

281. Donades les equacions d'ona $y_1 = y_0\cdot\sin\theta$ i $y_2 = y_0\cdot\sin(\theta + \delta)$, on $\theta = \omega t - kx$, $y_0 = 0,02$ m i $\delta = \pi/6$. Determineu: a) l'amplitud de l'ona resultant, $y = y_1 + y_2$, b) el valor més petit de δ per al qual l'amplitud de l'ona resultant és nul·la.

R: (0,039 m) (π rad)

282. Dues ones que es desplacen en una corda en el mateix sentit tenen una freqüència de 100 Hz, una longitud d'ona de 0,02 m i una amplitud de 0,02 m. Les seves fases difereixen en $\pi/3$. Calculeu l'amplitud de l'ona resultant.

R: (3,46 cm)

283. Dues fonts sonores A i B oscil·len en fase amb una freqüència de 100 Hz. En un punt P situat a 5 m d'A i a 5,85 m de B, l'amplitud del so procedent de cada font, considerada aïlladament, és A_0 . a) Quina és la diferència de fase de les ones sonores procedents d'ambdues fonts en el punt esmentat?, b) quina és l'amplitud de l'ona resultant en aquest punt?.

R: ($-\pi/2$ rad) ($A_0\cdot\sqrt{2}$ m)

284. Una corda vibra segons l'equació: $y(x,t) = 5\cdot\sin\pi x/3\cdot\cos 40\pi t$, amb x i y en centímetres i t en segons. Calculeu: a) l'amplitud i la velocitat de les ones que originen l'ona estacionària, b) la distància entre dos nodes consecutius, c) la velocitat en un punt distant $x = 1,5$ cm de l'origen a l'instant $t = 9/8$ s, i d) quina és la longitud més curta possible de la corda?.

R: (2,5 cm; $120 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) (3 cm) ($0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (3 cm)

285. L'equació d'una ona transversal que avança per una corda ve donada per $y = 60\cdot\sin\pi/2(8t + 0,5x)$. En arribar a l'extrem de la corda, el qual està fix, es reflecteix completament. Escriviu: a) l'equació de l'ona reflectida, b) l'equació de l'ona estacionària resultant. Si la corda està fixada per ambdós extrems i la seva longitud és 2 m, calculeu la freqüència fonamental de vibració.

R: ($y_r = -60\cdot\sin\pi/2(8t - 0,5x)$ m) ($y(x,t) = 120\cdot\sin\pi x/4\cdot\cos 4\pi t$) (4 Hz)



286. Una corda fixa per ambdós extrems té 3 m de longitud. Ressona en el seu segon harmònic amb una freqüència de 60 s^{-1} . Quina és la velocitat de les ones transversals a la corda?. Quan aquesta mateixa corda vibra en el tercer harmònic, quant val la freqüència i la longitud d'ona?. Escriviu l'equació de l'ona estacionària, tot sabent que l'amplitud màxima és 8 mm.

R: ($180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (90 Hz ; 2 m) ($y(x,t) = 0,008 \cdot \sin \pi x/3 \cdot \cos 60\pi t \text{ m}$)

287. L'equació d'ona corresponent a una ona estacionària en una corda fixada per ambdós extrems és $y(x,t) = 0,30 \cdot \sin 2x \cdot \cos 300t$, on x i y estan donats en metres i t en segons. a) Quant valen la longitud d'ona i la freqüència de les ones originàries?. b) Quina és la velocitat de les ones transversals?. c) Si la corda està vibrant en el quart harmònic, quina és la seva longitud?. d) quina és la freqüència fonamental?.

R: ($\pi \text{ m}$, $150/\pi \text{ Hz}$) ($150 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ($2\pi \text{ m}$) ($75/2\pi \text{ Hz}$)

288. Quan la llum incideix sobre una làmina de vidre amb un angle de 60° , part del feix es reflecteix i l'altra part es refracta. Si els feixos reflectit i refractat formen entre ells un angle de 90° , quin és l'índex de refracció del vidre?.

R: (1,73)

289. La velocitat d'una ona sonora és $330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en un cert gas i $1320 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en aigua. Quin és l'angle límit per a una ona sonora que incideix sobre la superfície de separació entre el gas i l'aigua?.

R: ($14,5^\circ$)

EXERCICIS D'AMPLIACIÓ

290. Dos trens d'ones, d'igual longitud d'ona $\lambda = 36 \text{ cm}$ i igual velocitat, es propaguen en la mateixa direcció i sentit. El desfasament és constant i val $2\pi/3 \text{ rad}$. Quant val, en un temps igual a la meitat del període, l'elongació d'un punt, la distància del qual a l'origen de la primera ona és 21 cm , tot suposant que les amplitud de les ones valen 1 cm .

R: ($0,5 \text{ cm}$)

291. Dos trens d'ones de 20 cm de longitud d'ona i d'igual amplitud avancen en sentits oposats per una corda tibant fixa per ambdós extrems. Si la corda té 1 m de longitud, quants nodes hi haurà a l'ona estacionària produïda, incloent-hi els punts fixos en els extrems?; de quin harmònic es tracta?

R: (11 nodes) (desè)

292. L'equació d'una ona en unitats SI és $y(x,t) = 0,04 \cdot \sin(300\pi t - 3x)$. Calculeu: a) la freqüència de l'ona i la seva velocitat; i b) la distància entre dos punts consecutius que tinguin una diferència de fase de $\pi/3 \text{ rad}$.

R: (150 Hz , $100\pi \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (2 cm)



293. Una ona sonora plana es propaga sense esmorteïment en un medi gasós amb velocitat de $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en la direcció positiva de l'eix Ox . La freqüència de l'ona, que se suposa harmònica, és de 12 kHz i l'amplitud d'oscil·lació de les molècules del medi és de $3\cdot 10^{-5} \text{ m}$. L'elongació a l'instant inicial en el punt $(0,0)$ és de $1,5\cdot 10^{-5} \text{ m}$. Calculeu: a) la longitud d'ona de l'ona, b) l'equació de l'ona sonora, c) el lloc geomètric dels punts en què l'elongació és màxima a l'instant $t = 0 \text{ s}$.

R: $(2,5 \text{ cm})$ $(y(x,t) = 3\cdot 10^{-5}\cdot \sin(2,4\cdot 10^4\pi t - 80\pi x + \pi/6) \text{ m})$ (plans \perp a Ox per als quals $x = 8,33 - 12,5n \text{ mm}$)

294. Dues ones harmòniques es desplacen simultàniament, essent els seus desplaçaments $y_1(x,t) = 2\cdot 10^{-3}\cdot \sin(212t - 4x)$ i $y_2(x,t) = 2\cdot 10^{-3}\cdot \sin(200t + 4x)$ en unitats SI. Determineu: a) el desplaçament que produeixen en el punt on interfereixen. b) la freqüència de la pulsació, c) la freqüència de l'ona resultant.

R: $(y(x,t) = 4\cdot 10^{-3}\cdot \sin 206t\cdot \cos(6t - 4x) \text{ m})$ $(6/\pi \text{ Hz})$ $(109/\pi \text{ Hz})$

295. Un tub prim té una longitud de 3 m . Determineu la freqüència fonamental i els dos següents harmònics si: a) el tub està obert per ambdós extrems; b) si el tub està tancat per un sol extrem.

Nota: *Preneu la velocitat del so com $342 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$*

R: $(57, 114 \text{ i } 171 \text{ Hz})$ $(28,5, 85,5 \text{ i } 142,5 \text{ Hz})$

296. Dues fonts emissores situades en els punts $(0,0)$ i $(4,0)$ vibren segons la llei $y = 5\cdot \sin 2\pi t$ (unitats SI). Les ones sols poden propagar-se de dreta a esquerra respecte a les fonts i la seva velocitat de propagació és $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Determineu: a) les equacions de les ones emeses per cada font, b) l'estat de vibració que es produeix en el punt $(-10,0)$.

R: $(y_1 = 5\cdot \sin(2\pi t + \pi x/5) \text{ m}; y_2 = 5\cdot \sin(2\pi t + \pi x/5 - 4\pi/5) \text{ m})$ $(y = 12,57\cdot \sin 2\pi(t-1,2) \text{ m})$

297. Una ona en una corda ve donada per l'equació $y(x,t) = 0,2\cdot \sin \pi x\cdot \cos 100\pi t \text{ m}$, on x està compresa entre 0 i 6 m . Calculeu: a) la longitud d'ona i la freqüència de l'ona; b) el nombre de nodes, incloent-hi els extrems; c) la velocitat de propagació de les ones a la corda.

R: $(2 \text{ m}; 50 \text{ Hz})$ (7 nodes) $(100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$

298. En un punt O de la superfície lliure d'un líquid deixem caure regularment gotes d'aigua a raó de 90 per minut. Si la velocitat de propagació de les ones que s'originen és de $30 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$: a) quina és la distància entre dues crestes consecutives?. b) Suposeu que a 45 cm del punt O hi sura un suro i que comença a vibrar amb una amplitud de 5 cm quan les ones incideixen en ell. Escriviu l'equació del moviment del suro.

R: $(0,2 \text{ m})$ $(y(t) = 0,05\cdot \sin 3\pi(t-1,5) \text{ m})$

QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

299.Q. La velocitat d'un moviment ondulatori depèn ...

- a) de l'amplitud de la vibració;
- b) de l'energia de la font;
- c) de la freqüència de la vibració;
- d) de les característiques físiques del medi.

300.Q. Per a una ona harmònica unidimensional es compleix que:

- a) la seva velocitat de propagació és independent del medi material;
- b) punts separats una distància igual a la longitud d'ona es troben en fase;
- c) el desfasament entre els estats de vibració d'un punt del medi, transcorregut un temps igual al període de l'ona, val π rad;
- d) la longitud d'ona i el període són inversament proporcionals.

301.Q. La intensitat d'una ona harmònica que es propaga en un medi elàstic:

- a) és directament proporcional a l'amplitud;
- b) és independent de la freqüència;
- c) és inversament proporcional al quadrat de la distància al focus emissor;
- d) disminueix exponencialment amb la distància al focus emissor.

302.Q. Quina de les següents afirmacions sobre el fenomen de la interferència és correcta?:

- a) l'ona resultant de la superposició de dues ones coherents té la mateixa freqüència i amplitud que les originals;
- b) es produeix interferència constructiva en un punt del medi, si la diferència de camins recorreguts per dues ones coherents és un múltiple enter de la longitud d'ona;
- c) es produeix interferència destructiva, si les ones coherents que se superposen en un punt del medi, es troben desfasades $\pi/2$ rad;
- d) s'obtenen diagrames d'interferència tant amb fonts coherents com incoherents.

303.Q. En formar-se una ona estacionària en una corda fixa pels seus extrems, es compleix:

- a) la distància entre dos nodes consecutius és igual a la longitud d'ona;
- b) pot vibrar amb qualsevol freqüència;
- c) no hi ha un transport d'energia al llarg de la corda;
- d) presenta n nodes si vibra a l'enèsim harmònic.

304.Q. Quina de les següents afirmacions sobre fenòmens ondulatoris és correcta?:

- a) una ona es difracta sempre que es limita el seu front d'ona;
- b) la polarització és un fenomen característic de les ones longitudinals;
- c) quan una ona es refracta canvia la seva freqüència;
- d) un receptor, amb moviment relatiu d'aproximació respecte d'un emissor d'ones, rep una freqüència més gran que l'emesa.

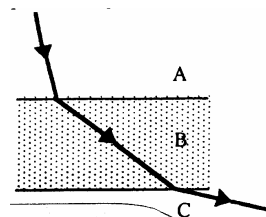


QÜESTIONS DE RAONAMENT

- 305.Q. La funció $y(x,t)$ representa l'equació d'una ona. Què representa la funció si: a) es fixa el valor de x mentre que t és variable; b) es fixa t , essent x variable; c) es fixen simultàniament els valors de x i de t .
- 306.Q. Malgrat que les densitats de la majoria dels sòlids són unes 1000 vegades superiors a la de l'aire, la velocitat del so en els sòlids és habitualment més gran que en l'aire. Per què?.
- 307.Q. Com varien les freqüències de ressonància d'un tub d'orgue quan augmenta la temperatura de l'aire?.
- 308.Q. Es poden polaritzar les ones planes?.
- 309.Q. Quan un moviment ondulatori canvia de medi de propagació, com varien la velocitat, l'amplitud, el període, la freqüència, la longitud d'ona i la intensitat?.
- 310.Q. Dibuixeu, en una mateixa figura, una ona harmònica sinusoïdal qualsevol i una altra: a) de la mateixa amplitud i longitud d'ona, desfasada $\pi/2$ rad; b) de la mateixa amplitud però de doble longitud d'ona i en fase; c) de doble freqüència, igual amplitud i una diferència de fase de $\pi/2$ rad; d) d'amplitud la meitat i diferència de fase π .
- 311.Q. Anant en cotxe, en acostar-nos o allunyar-nos d'una emissora de ràdio no cal modificar la freqüència de sintonització en el receptor. Contradiu això l'efecte Doppler?.
- 312.Q. Una corda, fixa per ambdós extrems, vibra en el quart harmònic. Quants nodes presenta?. Quina és la longitud de la corda en funció de la longitud d'ona?. Quina és la freqüència en funció de la fonamental?. Feu el dibuix que la representa.
- 313.Q. De dues ones, de la mateixa amplitud, de freqüències respectives 256 i 512 Hz, quina és la relació de les seves intensitats?.
- 314.Q. Si la font i el receptor estan en repòs l'un respecte de l'altre, però el medi on es propaga l'ona es mou respecte a ells dos, hi haurà algun desplaçament Doppler de la freqüència?.
- 315.Q. Una sirena produeix una ona sonora de 440 Hz però la freqüència detectada per un receptor és de 458 Hz. Com s'interpreta això?.

QÜESTIONS NUMÈRIQUES

- 316.Q. En una cubeta d'ones introduïm el punxó a l'aigua 15 vegades cada 3 segons. Quin és el període i la freqüència de les ones que es generen?.
- 317.Q. Un vibrador produeix ones en la superfície de l'aigua d'una cubeta a intervals regulars de temps. S'ajusta el vibrador perquè produeixi un nombre doble d'ones per segon, com es modifiquen la velocitat de propagació i la longitud d'ona?.
- 318.Q. Un raig passa del vidre ($n = 1,5$) a l'aire ($n = 1$). Determina el valor de l'angle límit. Si l'angle d'incidència val 50° , quin és l'angle que formarà amb la normal el raig posterior a la incidència amb la superfície?.
- 319.Q. Dues ones amb la mateixa freqüència, longitud d'ona i amplitud viatgen en la mateixa direcció. Si la seva diferència de fase val $\pi/2$ i cadascuna d'elles té una amplitud de 4 cm, quant valdrà l'amplitud de l'ona resultant?.
- 320.Q. Quina serà la longitud d'ona a l'aigua d'una ona sonora de 1000 Hz de freqüència quan passa de l'aire ($v = 330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a l'aigua ($v = 1450 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)?.
- 321.Q. Quin angle ha de formar el Sol amb l'horitzontal per tal que la llum reflectida per la superfície d'un llac tranquil sigui completament polaritzada plana?.
Dada: l'índex de refracció de l'aigua del llac val 1,33.
- 322.Q. La velocitat de propagació de la llum (en $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$) a l'aire és 300000; a l'aigua, 225000 i en un cert vidre, 200000. Identifiqueu, raonant-ho, la naturalesa de cadascun dels tres medis, tot tenint en compte que la trajectòria seguida per un raig de llum és la indicada a la figura.



- 323.Q. En un moviment ondulatori de freqüència 100 Hz i velocitat de propagació $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, dos punts separats una distància igual a 2,5 cm, en quant estan desfasats?.
- 324.Q. Una ona de 20 Hz de freqüència es desplaça a una velocitat de $80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. En un cert punt, quina és la diferència de fase per a un interval de temps d'una centèsima de segon?.
- 325.Q. Si la velocitat del so en l'aire és $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, quant val la freqüència d'una ona sonora la longitud d'ona de la qual val 2 m?.
- 326.Q. Un prisma de 45° - 45° - 90° està immers en aigua. Quin és l'índex mínim de refracció que pot tenir el prisma si un raig que incideix normalment en una de les seves cares menors es reflecteix totalment.
Nota: L'índex de refracció de l'aigua és $n = 1,333$.



327. La llum procedent de una làmpada de mercuri travessa un filtre que l'obstaculitza totalment excepte una ratlla espectral a la regió verda de l'espectre. A continuació, incideix sobre dues esclatxes separades 0,6 mm. A la figura d'interferència resultant sobre una pantalla allunyada 2,5 m, les franges brillants contigües estan separades 2,27 mm. Quina és la longitud d'ona?
R: (545 nm)
328. Determineu l'energia d'un fotó: a) corresponent a una radiació de 5 kÅ de longitud d'ona, b) corresponent a una ona electromagnètica de 100 MHz de freqüència.
R: (2,48 eV) ($4,14 \cdot 10^{-7}$ eV)
329. Quan incideix sobre una superfície de potassi llum de 300 nm de longitud d'ona els electrons emesos tenen una energia cinètica màxima de 2,03 eV. a) Quina és l'energia del fotó incident?. b) Quina és el treball d'extracció?.
R: (4,13 eV) (2,10 eV)
330. El treball d'extracció fotoelèctric del tungstè és 4,58 eV. a) Determineu la freqüència llindar corresponent a l'efecte fotoelèctric sobre el tungstè. b) Calculeu el potencial de frenada, si la longitud d'ona de la llum incident és 250 nm; c) l'energia cinètica, en J i en eV, dels electrons més energètics extrets.
R: ($1,11 \cdot 10^{15}$ Hz) (0,38 V) ($6,09 \cdot 10^{-20}$ J; 0,38 eV)
331. Una radiació de 10^{-10} m de longitud d'ona experimenta dispersió Compton en una mostra de carboni. La radiació dispersada s'observa en una direcció perpendicular a la incident. Trobeu la longitud d'ona de la radiació dispersada i l' E_c de l'electró.
R: ($1,02 \cdot 10^{-10}$ m; 243 eV)
332. Un fotó de raigs X de $5 \cdot 10^{19}$ s⁻¹ de freqüència xoca amb un electró, inicialment en repòs, i és dispersat per efecte Compton en una direcció que forma un angle de 60° amb la direcció incident. Quina és la freqüència del fotó dispersat?. Quin és l'angle de desviació de l'electró?.
R: ($4,16 \cdot 10^{19}$ Hz; 52°)
333. Determineu la longitud d'ona de De Broglie de: a) un neutró tèrmic d'un reactor de 0,02 eV d'energia; b) un protó d'1 MeV d'energia; c) un electró que ha estat accelerat mitjançant una diferència de potencial de 200 V.
R: ($2,02 \cdot 10^{-10}$ m) ($2,86 \cdot 10^{-14}$ m) ($8,67 \cdot 10^{-11}$ m)
334. Una font emet radiació electromagnètica de longitud d'ona de 10^{-10} m amb una potència de 20 W. Quants fotons per segon emet?
R: ($1,01 \cdot 10^{16}$ fotons·s⁻¹)
335. Raigs X amb una longitud d'ona de 0,5 Å experimenten dispersió Compton. Per a quin angle de dispersió la longitud d'ona dels raigs dispersats és major que la dels incidents en un 1 %?.
R: (37,4° o bé 37° 27')

QÜESTIONS D'OPCIÓ MÚLTIPLE

- 336.Q. Detecteu quina de les següents afirmacions sobre els camps elèctric i magnètic d'una ona electromagnètica (e-m) és correcta:
- es propaguen en forma d'ones harmòniques;
 - de la seva orientació es segueix que les ones e-m són longitudinals;
 - estan desfasats;
 - tenen mòduls iguals.
- 337.Q. En una d'aquestes situacions s'està falsejant la realitat històrica. En quina?:
- Newton fou un ferm defensor de la teoria corpuscular de la llum;
 - els experiments d'interferència i difracció duts a terme per Young i Fresnel, suposaren un gran avenç en l'acceptació general de la teoria ondulatoria de Huygens;
 - Maxwell va predir l'existència d'ones e-m que es propaguen amb la velocitat de la llum.
 - Einstein va descobrir l'efecte fotoelèctric i el va explicar mitjançant un model corpuscular.
- 338.Q. Trobeu, entre totes les explicacions sobre diferents aspectes de l'efecte fotoelèctric, la que cregueu és incorrecta:
- l'energia cinètica màxima dels electrons emesos depèn linealment de la freqüència de la llum incident;
 - el nombre d'electrons emesos és independent de la intensitat de la radiació incident;
 - s'observa una absència de retard de temps entre el moment en què s'il·lumina el metall i el d'emissió d'electrons;
 - existeix, per a cada metall, una freqüència llindar ν_0 per sota de la qual no es produeix emissió d'electrons.
- 339.Q. En augmentar la temperatura d'un cos negre ...
- l'energia total emesa disminueix;
 - la longitud d'ona λ_m , per a la qual l'emissió és màxima, augmenta;
 - la longitud d'ona λ_m , per a la qual l'emissió és màxima disminueix;
 - l'energia total emesa no varia.
- 340.Q. En l'efecte fotoelèctric, part de l'energia del fotó incident s'utilitza per a alliberar l'electró de l'àtom. La resta d'energia serveix per ...
- arrencar més electrons;
 - proporcionar energia cinètica a l'electró emès;
 - augmentar l'energia interna del metall;
 - produir l'emissió d'un fotó de longitud d'ona més gran.



QÜESTIONS DE RAONAMENT

- 341.Q. Els astrofísics van comprovar l'expansió de l'Univers, conseqüència del Big-Bang inicial, observant el desplaçament de les línies espectrals en la llum procedent d'altres galàxies. Explica aquest fet en base als teus coneixements.
- 342.Q. La llum ultraviolada és més adient que la llum visible per produir l'emissió de fotoelectrons d'un metall. Per què?
- 343.Q. Si f_0 és la freqüència llindar d'un metall pur, l'efecte fotoelèctric es presenta únicament si: a) $\lambda < \lambda_0$; b) $f < f_0$; c) $f = f_0$. Indiqueu si és cert o fals.
- 344.Q. Si a un protó i a un electró, inicialment en repòs, se'ls aplica una mateixa diferència de potencial, compareu les velocitats i les longituds d'ona de De Broglie per a ambdues partícules, tot sabent que $M_{\text{protó}} = 2000 \cdot M_{\text{electró}}$.
- 345.Q. Per què existeixen estrelles de diferents colors (vermelles, grogues, blaves ...)?.
- 346.Q. Quins fenòmens es poden explicar en base a la teoria corpuscular de la llum?.
- 347.Q. Partícules materials, com electrons i neutrons, poden difractar-se?. Per què?.
- 348.Q. Compara les longituds d'ona d'un electró i un fotó d'1 eV d'energia.
- 349.Q. En l'efecte Compton, en quina direcció es mouen els electrons més energètics?.
- 350.Q. Els fotons es mouen en el buit a la velocitat de la llum, c . Si anomenem h la constant de Planck, per a un fotó de freqüència ν : a) escriviu la relació entre la longitud d'ona i la freqüència; b) expresseu les fórmules per a l'energia E i la quantitat de moviment p .
- 351.Q. Quina diferència fonamental hi ha entre l'efecte fotoelèctric i l'efecte Compton?.
- 352.Q. Són possibles els fenòmens d'interferències amb electrons?. Justifiqueu la resposta.
- 353.Q. En un material determinat no hi té lloc l'efecte fotoelèctric amb llum blava. Hi tindrà lloc amb llum verda?. Justifiqueu la resposta.
- 354.Q. Coneixeu cap experiència que serveixi de suport a la hipòtesi De Broglie?. Comenteu-la breument.
- 355.Q. Dues esclatxes estretes separades 0,5 mm s'il·luminen amb un raig làser i s'observa el diagrama d'interferència sobre una pantalla situada a 5 m de distància. El sisè màxim d'interferència es troba a quina distància de 4,2 cm del màxim central a la pantalla. Quina és la longitud d'ona del làser utilitzat?.