

# Física

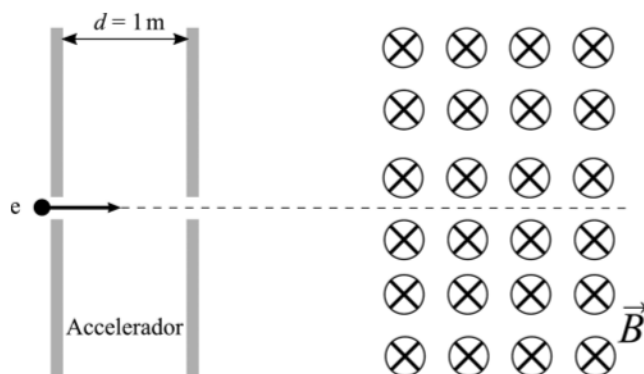
## Sèrie 1

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

### PART COMUNA

- P1) El sincrotró Alba és una instal·lació de recerca que utilitza llum generada per electrons accelerats per a analitzar les propietats i l'estructura de la matèria. Les principals qualitats d'aquesta radiació són un ampli espectre, una intensitat elevada i una brillantor extraordinària. Per a accelerar els electrons s'utilitzen camps elèctrics i magnètics. L'esquema mostra un model



molt simplificat de funcionament: al començament del procés es generen electrons que s'acceleren en un accelerador lineal mitjançant un camp elèctric que suposarem uniforme al llarg de la zona d'acceleració, la qual té una longitud  $d = 1,00$  m.

L'energia cinètica inicial dels electrons és zero, però quan surten de l'accelerador és d'1,00 keV.

- a) Calculeu la intensitat del camp elèctric dins de l'accelerador i dibuixeu com són les línies de camp en aquesta regió.

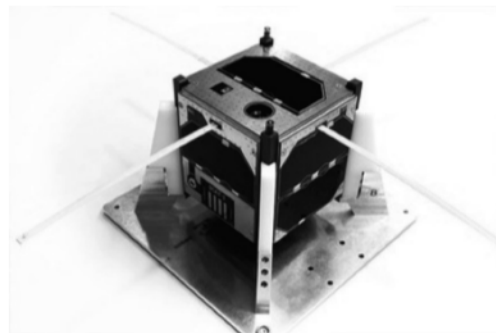
[1 punt]

- b) Un cop els electrons han estat accelerats, se'ls condueix a l'anell de propulsió. Per a guiar els electrons al llarg de l'anell s'utilitzen camps magnètics. En l'esquema es mostra el primer camp magnètic que troben els electrons quan surten de l'accelerador lineal i entren a l'anell de propulsió. Si en aquesta regió no hi ha camp elèctric i el camp magnètic és de 0,15 T, calculeu la magnitud de la força que actuarà sobre l'electró. Quin tipus de trajectòria descriurà l'electró en aquesta regió? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

DADES:  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg.  
 $|e| = 1,602 \times 10^{-19}$  C.  
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$  J.

- P2) El 29 de novembre de 2018, el nanosatèl·lit *CubeCat-1*, desenvolupat per estudiants i investigadors de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), es va llançar a l'espai des de la base espacial de Sriharikota, a la costa est de l'Índia, dins d'un coet de l'agència espacial índia ISRO.



FONT: <https://www.upc.edu>.

El *CubeCat-1* té una massa d'1,30 kg i orbita a 530 km de la superfície de la Terra.

- a) Calculeu el període orbital del *CubeCat-1* i indiqueu el nombre de voltes completes que fa cada dia al voltant de la Terra.

[1 punt]

- b) Quin és el pes del nanosatèl·lit en la seva òrbita?

[1 punt]

DADES:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

$M_{\text{Terra}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

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

## OPCIÓ A

- P3) Un astronauta que és a l'espai vol mesurar la seva massa. Per fer-ho, s'asseu i es lliga a una cadira de 2,00 kg de massa que està unida a una molla de constant elàstica  $k = 320 \text{ N m}^{-1}$ . L'astronauta s'impulsa i triga 62,8 s a fer 20 oscil·lacions completes.

- a) Quina és la massa de l'astronauta?

[1 punt]

- b) Posteriorment aquest astronauta arriba a la Lluna, on fa oscil·lar un pèndol simple d'1,00 kg de massa i 1,50 m de longitud. Aquest pèndol triga 2 min i 1 s a fer 20 oscil·lacions completes. Quina és la intensitat del camp gravitatori a la superfície de la Lluna? Quina és la massa de la Lluna?

[1 punt]

DADES:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

$R_{\text{Lluna}} = 1,737 \times 10^6 \text{ m}$ .

El període d'oscil·lació d'un pèndol de longitud  $L$  és  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ .

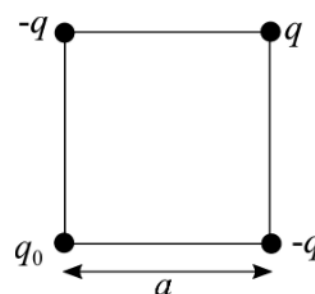
- P4) Hem situat una partícula puntual amb una càrrega  $q = 10 \mu\text{C}$  i dues partícules puntuals amb una càrrega  $-q$  als vèrtexs d'un quadrat de costat  $a = 1,50 \text{ cm}$  tal com s'indica en la figura.

- a) Quin és el valor de la càrrega puntual  $q_0$  situada al quart vèrtex si la força elèctrica sobre la càrrega  $q$  és nul·la?

[1 punt]

- b) Quin treball haurem de fer per a portar una càrrega puntual de  $0,50 \mu\text{C}$  des d'una distància molt gran fins al centre del quadrat?

[1 punt]



DADA:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

NOTA: Supposeu que les velocitats inicial i final de la càrrega que portem fins al centre del quadrat són nul·les.

**P5)** El Reactor Experimental Termonuclear Internacional (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) és el primer projecte que estudia la possibilitat de produir energia per fusió nuclear. De totes les reaccions de fusió possibles, la reacció entre el deuteri i el triti (dos isòtops de l'hidrogen) és la més factible amb la tecnologia actual. Aquesta fusió dona  ${}^4_2\text{He}$  i un neutró.

**a)** A partir de les dades, digueu quants protons i quants neutrons tenen el deuteri, el triti i el  ${}^4_2\text{He}$ . Escriviu l'equació nuclear que correspon a aquest procés de fusió.

[1 punt]

**b)** Calculeu l'energia que s'allibera en la reacció de fusió anterior.

[1 punt]

DADES:  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

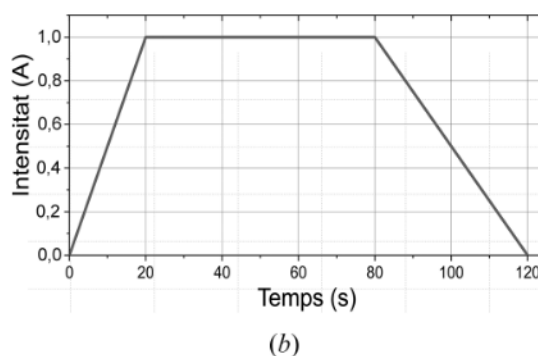
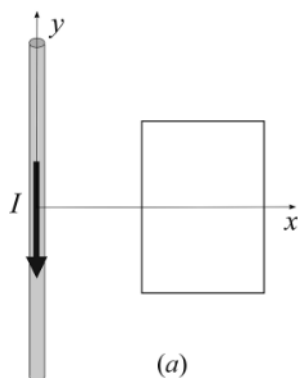
$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

Masses (en kg):

${}^1_0\text{n}$ (neutró)	${}^4_2\text{He}$ (heli)	${}^2_1\text{H}$ (deuteri)	${}^3_1\text{H}$ (triti)
$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$6,644\,657 \times 10^{-27}$	$3,343\,584 \times 10^{-27}$	$5,007\,357 \times 10^{-27}$

## OPCIÓ B

**P3)** Una espira rectangular i conductora es troba a prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent  $I$  cap avall, tal com es mostra en la figura *a*.



**a)** Representeu el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil conductor en la regió plana delimitada per l'espira. Aquest camp magnètic és uniforme en la regió delimitada per l'espira? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

**b)** El fil conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat del corrent que circula pel conductor varia amb el temps, tal com indica la gràfica (figura *b*). Argumenteu si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin d'aquests tres intervals de temps la intensitat del corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

- P4)** La longitud de la corda d'un violoncel és de 70 cm i la velocitat de propagació de les ones en aquesta corda és de  $308 \text{ m s}^{-1}$ . Per al tercer harmònic:
- a)** Representeu esquemàticament l'ona estacionària d'aquest harmònic i indiqueu-hi tots els nodes i tots els ventres. Calculeu la longitud d'ona. Quina és la distància entre dos nodes consecutius?  
[1 punt]
  - b)** Suposant que la corda està en posició horitzontal, calculeu, per a un ventre, el temps que triga la posició vertical a passar del seu valor màxim al valor mínim (del punt més alt al punt més baix).  
[1 punt]
- P5)** Quan s'illumina una superfície metàl·lica amb una radiació ultraviolada  $\lambda = 300 \text{ nm}$ , el metall emet electrons amb una energia cinètica tan gran que, per a frenar-los (anular el corrent), cal aplicar-hi un potencial de frenada d'1,04 V.
- a)** Calculeu l'energia dels fotons incidents i el treball d'extracció (o funció de treball) d'aquest metall.  
[1 punt]
  - b)** A partir del balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric, trobeu l'expressió de la velocitat màxima dels fotoelectrons emesos en funció de la massa dels electrons ( $m$ ), la constant de Planck, la velocitat de la llum, la longitud d'ona de la llum incident i el treball d'extracció ( $W_e$ ).  
[1 punt]

DADES:  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .  
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ .



Institut  
d'Estudis  
Catalans

## Física

### Sèrie 4

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

#### PART COMUNA

**P1)** L'any 2004 es va aconseguir mesurar la massa d'un virus. Es va determinar la freqüència d'oscil·lació d'un braç horitzontal petitíssim, primer sense el virus i després amb el virus adherit. Sense el virus, la freqüència d'oscil·lació era de  $2,00 \times 10^{15}$  Hz, i amb el virus, aquesta freqüència va ser de  $2,87 \times 10^{14}$  Hz.

**a)** Si suposem que el braç horitzontal sense el virus adherit es comporta com una molla amb una massa oscil·lant de  $2,10 \times 10^{-16}$  g lligada a un extrem, quina és la constant elàstica d'aquesta suposada molla?

[1 punt]

**b)** Partint de la mateixa suposició anterior sobre el comportament oscil·latori del sistema, calculeu la massa del virus.

[1 punt]

**P2)** Determinar la massa i les posicions dels cossos celestes va ser, sens dubte, un gran repte per als primers astrònoms. Gràcies a les valuoses dades sobre les posicions dels astres que Tycho Brahe va recollir al llarg de la seva vida, Johannes Kepler va poder formular les seves famoses tres lleis.

**a)** Deduïu la tercera llei de Kepler a partir de la segona llei de Newton i de la llei de la gravitació universal, suposant que els planetes descriuen moviments circulars uniformes al voltant del Sol.

[1 punt]

**b)** Determineu la massa del Sol emprant les dades que necessiteu de la taula següent:

Planeta	Radi de l'òrbita (m)	Període (anys)
Mercuri	$57,90 \times 10^9$	0,2408
Venus	$108,2 \times 10^9$	0,6152
Terra	$149,6 \times 10^9$	1,000
Mart	$228,0 \times 10^9$	1,881

[1 punt]

DADA:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .



Kepler (esquerra) i Brahe (dreta)



## OPCIÓ A

- P3) a)** Escriviu l'equació del balanç energètic en l'efecte fotoelèctric. Digueu el significat de cada un dels termes i deduiu l'expressió de la longitud d'ona lliard a partir, únicament, de la funció de treball (treball d'extracció) del metall i de constants universals.

[1 punt]

- b)** Il·luminem una placa de sodi (funció de treball, 2,36 eV) amb radiació de freqüència de 660 THz. Calculeu l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons que s'emetran i el potencial de frenada necessari per a aturar-los.

[1 punt]

**DADES:** Constant de Planck,  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ .  
Velocitat de la llum,  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .  
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  
Càrrega de l'electró,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

- P4)** Després de diversos mesuraments es va determinar que hi ha un camp elèctric que envolta la Terra. La magnitud d'aquest camp a la superfície terrestre és d'uns  $150 \text{ N m}^{-1}$  i està dirigit cap al centre de la Terra.

- a)** Quin és el valor de la càrrega elèctrica de la Terra? (Considereu tota la càrrega concentrada en un punt al centre del planeta.)

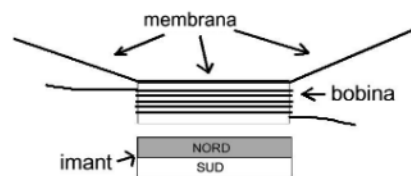
[1 punt]

- b)** Quants electrons de més ha de tenir una gota d'aigua de  $18 \mu\text{m}$  de radi perquè estigui estacionària, és a dir, perquè no caigui, quan es troba a una altura propera a la superfície terrestre? (Considereu que la gota té forma esfèrica.)

[1 punt]

**DADES:** Radi de la Terra,  $R_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ .  
Càrrega de l'electró,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .  
Densitat de l'aigua,  $\rho_{\text{aigua}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .  
 $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .  
 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

- P5) a) Un altaveu està format per un imant permanent en forma de disc i per una bobina per la qual circula un corrent elèctric. La bobina està unida a una membrana que participa dels moviments de la bobina.



- Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent continu per la bobina que, vist des de dalt, giri en sentit horari?

[0,5 punts]

- Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent altern per la bobina?

[0,5 punts]

Justifiqueu les respostes explicitant en cada cas la direcció i el sentit del camp magnètic produït per la bobina.

- b) Necessitem més força sobre la bobina i per a aconseguir-ho cal que generi un camp magnètic més intens. Justifiqueu quin efecte tindria cada una de les modificacions següents sobre la intensitat del camp magnètic produït per la bobina:

- Un augment del nombre de voltes de la bobina.

[0,5 punts]

- Un augment de la intensitat del corrent elèctric.

[0,5 punts]

NOTA: S'entén que en cada cas es manté constant el paràmetre que canvia en l'altra opció.

## OPCIÓ B

- P3) El novembre del 2017, diversos observatoris de tot Europa van enregistrar un augment de les concentracions de l'isòtop ruteni 106 ( $^{106}\text{Ru}$ ). Es desconeix la naturalesa exacta de l'accident que va provocar aquesta emissió radioactiva. Es calcula que, en el moment de l'emissió, l'activitat de la fuita era de 200 TBq aproximadament. El període de semidesintegració d'aquest isòtop és de 374 dies i es transforma en rodi 106 ( $^{106}\text{Rh}$ ).

- a) Escriviu l'equació nuclear de la desintegració del ruteni 106, incloent-hi tots els subíndexs i superíndexs, així com els noms de totes les partícules que intervenen en l'equació. Com s'anomena aquesta desintegració?

[1 punt]

- b) Calculeu l'activitat del ruteni 106 al cap de set mesos (210 dies) de ser alliberat a causa de l'accident.

[1 punt]

DADES: Nombre atòmic del ruteni,  $Z(\text{Ru}) = 44$ .

Nombre atòmic del rodi,  $Z(\text{Rh}) = 45$ .

- P4) a) Un camp elèctric de més de  $3,00 \times 10^6 \text{ V m}^{-1}$  provoca la ruptura dielèctrica de l'aire (els electrons són arrencats dels àtoms i en recombinar-se emeten llum). La descàrrega a través de l'aire causada per la ruptura dielèctrica s'anomena *descàrrega en arc*. Un exemple familiar de descàrrega en arc és la descàrrega elèctrica que rebem quan toquem el pom metàl·lic d'una porta després d'haver caminat per una catifa en un dia sec. Calculeu, en aquest cas, la mínima diferència de potencial entre la mà i el pom de la porta si en el moment de la descàrrega elèctrica estan separats per 1,00 mm.



[1 punt]

- b) Calculeu el treball que s'ha de fer perquè tres electrons que inicialment estaven molt separats quedin a 0,1 nm l'un de l'altre i configurin un triangle equilàter.

[1 punt]

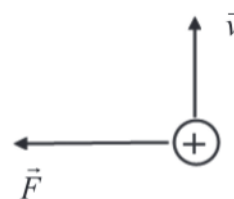
DADES: Càrrega de l'electró,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}.$$

- P5) a) Un mètode per a determinar les masses d'ions pesants consisteix a mesurar el temps que necessiten per a fer un nombre determinat de voltes en un camp magnètic conegut. En un d'aquests mesuraments, un ió amb una càrrega igual a la d'un electró fa 7,00 voltes en 1,29 ms en un camp magnètic perpendicular a la velocitat i amb un mòdul de 45,0 mT. Feu una representació de la trajectòria de l'ió i dibuixeu en dues posicions d'aquesta trajectòria el vector força que actua sobre l'ió. Calculeu la massa de l'ió.

[1 punt]

- b) Un protó que es mou a una velocitat de  $5,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$  entra en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic. El mòdul de la força que produeix el camp magnètic sobre la càrrega és  $8,00 \times 10^{-14} \text{ N}$ . Calculeu el mòdul del camp magnètic. Especifiqueu clarament la direcció i el sentit d'aquest camp magnètic si les direccions i els sentits, tant de la força com de la velocitat, són els representats en la figura.



[1 punt]

DADES: Càrrega de l'electró,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .  
Càrrega del protó,  $q_p = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .



Institut  
d'Estudis  
Catalans