Sèrie 2

Criteris generals d'avaluació i qualificació

1. *Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat demostri que té clars els conceptes de caràcter físic sobre els quals tracta cada pregunta.*
2. *Es tindrà en compte la claredat en l'exposició dels conceptes, dels processos, dels passos a seguir, de les hipòtesis, l'ordre lògic, l'ús correcte dels termes científics i la contextualització segons l'enunciat.*
3. *En les respostes cal que l'alumnat mostri una adequada capacitat de comprensió de les qüestions plantejades i organitzi de forma lògica la resposta, tot analitzant i utilitzant les variables en joc. També es valorarà el grau de pertinença de la resposta, el que l'alumnat diu i les mancances manifestes sobre el tema en qüestió.*
4. *Totes les respostes s'han de raonar i justificar. Un resultat erroni amb un raonament correcte es valorarà. Una resposta correcta sense raonament ni justificació pot ser valorada amb un 0, si el corrector no és capaç de veure d'on ha sortit el resultat.*
5. *Tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades en el mateix problema. Si un apartat necessita un resultat anterior, i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del seu valor numèric, i tenir en compte el procediment de resolució.*
6. *Si la resolució presentada a l'examen és diferent però correcta i està d'acord amb els requeriments de l'enunciat, s'ha d'avaluar positivament encara que no coincideixi amb la resolució donada a la pauta de correcció.*
7. *Un o més errors en les unitats d'un apartat restarà 0,25 punts en la qualificació d'aquest l'apartat. Es consideren errors d'unitats: ometre les unitats en els resultats (finals o intermedis), utilitzar unitats incorrectes per una magnitud (tant en els resultats com en els valors intermedis) o operar amb magnituds d'unitats incompatibles (excepte en el cas d'un quocient on numerador i denominador tenen les mateixes unitats). Exemple: si l'apartat (a) val 1,25 punts i només s'ha equivocat en les unitats l'haurem de puntuar amb 1 punt.*
8. *Un o més errors de càlcul en un apartat restarà 0,25 punts en la qualificació d'aquest apartat. Exemple: si l'apartat (a) val 1,25 punts i només s'ha equivocat en els càlculs l'haurem de puntuar amb 1 punt.*
9. *Cal resoldre els exercicis fins al resultat final i no es poden deixar indicades les operacions.*
10. *Cal fer la substitució numèrica en les expressions que s'utilitzen per resoldre les preguntes.*
11. *Un resultat amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) es penalitzarà amb 0,1 p.*

P1)
0,2 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre un objecte de massa m a la superfície d'un objecte astronòmic esfèric de radi R i massa M s'expressa com:

$$F = G\,\frac{mM}{R^2}$$

0,1 p I el mòdul de la força que experimenta un objecte de massa m sota l'acció d'un camp gravitatori d'intensitat g és

$$F = mg$$

Igualant les dues expressions i dividint als dos costats per m obtenim:

$$g = G\,\frac{M}{R^2}$$

0,2 p El radi de Didymos és $R_D = \frac{781}{2}$ =390,5 m i la seva massa és:

$$M_D = V\cdot\rho = \frac{4}{3}\pi R_D^3\rho = \frac{4}{3}\pi\cdot 390{,}5^3\cdot 2146 = 5{,}35\times 10^{11}\ \text{kg}$$

0,35 p Per tant obtenim:

$$g = G\,\frac{M_D}{R_D^2} = 6{,}67\times 10^{-11}\,\frac{5{,}35\times 10^{11}}{390{,}5^2} = 2{,}34\times 10^{-4}\ \text{m/s}^2$$

0,4 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força és

$$F = G\,\frac{mM_D}{R^2} = 6{,}67\times 10^{-11}\,\frac{4{,}42\times 10^{10}\cdot 5{,}35\times 10^{11}}{1120^2} = 1{,}26\times 10^{6}\ \text{N}$$

b)
0,2 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre Dimorphos, massa m, degut a la atracció de Didymos és:

$$F = G\,\frac{mM_D}{R^2}$$

0,2 p I la segona llei de Newton estableix que: $\vec{F} = m\vec{a}$
0,2 p D'altra banda, considerant que el satèl·lit descriu un moviment circular uniforme al voltant de Didymos, la seva acceleració centrípeta és: $a = \frac{v^2}{R}$
0,25 p Com sobre Dimorphos només actua la força de la gravetat:

$$G\,\frac{mM_D}{R^2} = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{G\,\frac{M_D}{R}}$$

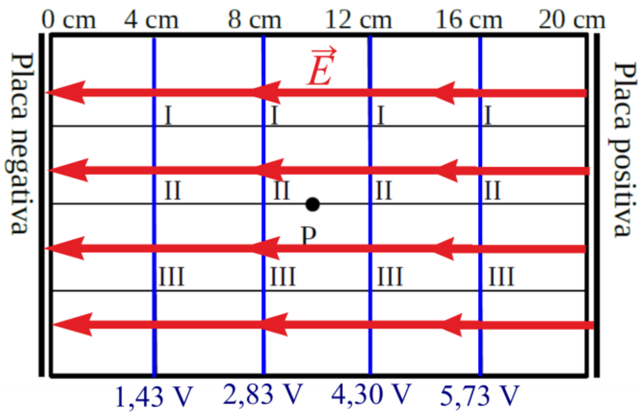
0,4 p Podem comprovar que la velocitat és inversament proporcional a l'arrel quadrada del radi de l'òrbita, per tant, si aquest radi disminueix, el seu invers augmenta i, per tant, la velocitat també serà més gran, és a dir, quan el radi orbital disminueix la velocitat orbital augmenta.
També s'hauria pogut justificar a partir de la tercera llei de Kepler:

$$\frac{R^3}{T^2} = G\frac{M_D}{4\pi^2}\ i\ T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow v = \sqrt{G\,\frac{M_D}{R}}$$

P2)
a)
0,1 p Càlcul de la mitjana aritmètica:

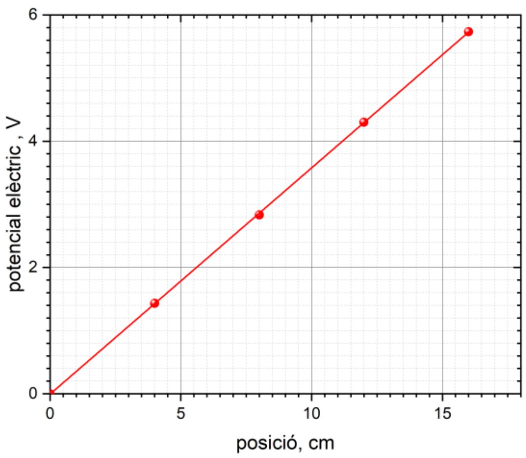
x (cm)	**V_I (V)**	**V_{II} (V)**	**V_{III} (V)**	**$V_{mitjà}$**
4,00	1,4	1,5	1,4	1,43
8,00	2,8	2,9	2,8	2,83
12,0	4,2	4,3	4,4	4,30
16,0	5,7	5,7	5,8	5,73

0,2 p Les línies equipotencials són paral·leles a les plaques.
0,25 p Les línies de camp són perpendiculars a les línies equipotencials i van dirigides del potencial alt al potencial baix.



Nota: no cal que a la solució s'indiquin els valors del potencial.

0,4 p Representació gràfica:



No incloure el títol a l'eix resta **0,1 p**
No incloure les unitats a l'eix resta **0,2 p**
Cal observar que disposem d'un punt més que el donat a l'enunciat, si connectem el terminal negatiu a la placa connectada al terminal negatiu de la font d'alimentació i, a més, aquesta placa està ubicada a x = 0 cm, llavors en aquest punt el potencial elèctric és zero. No es penalitzarà l'omissió d'aquest punt.

No escalar o representar correctament la gràfica serà qualificat com a zero.

0,3 p Ja hem vist que el camp elèctric és perpendicular a les plaques i també hem determinat el seu sentit, per tant el camp només té component en l'eix de les abscisses i el seu mòdul és igual al valor absolut de la component x del camp elèctric. El camp és la derivada del potencial respecte a la posició o directament el pendent de la representació V(x). Com la gràfica resultat s'ajusta molt bé a una recta, llavors el camp és constant, no depèn de la posició. A partir del pendent de la recta obtenim:

$$E = 0{,}358\ \mathrm{V/cm} = 35{,}8\ \mathrm{V/m}$$

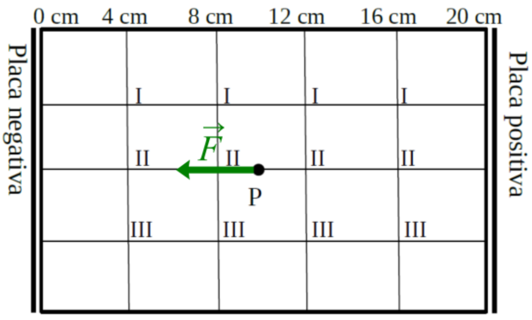
Idealment el pendent s'obté d'un ajust per mínims quadrats o a partir de representar la recta que millor s'ajusta als punts.

Alternativament, també es considerarà correcte que per determinar el pendent faci servir un parell de punts de la taula **i també es considerarà correcte** que l'estudiant apliqui directament $E = \frac{\Delta V}{\Delta x}$ sempre que justifiqui que aquesta equació és vàlida en el cas de camps constants, és a dir, quan tenim el camp creat per dues plaques planes i paral·leles.

b)

0,3 p Seguirà una trajectòria paral·lela a les línies de camp i com que la càrrega és positiva tindrà el mateix sentit, per tant, es mourà en línia recta segons l'eix x cap a la placa negativa.

0,35 p La direcció serà, doncs, horitzontal i sentit cap a la placa negativa:



0,3 p El mòdul de la força és

$$F = qE = 3 \times 10^{-3} \times 35{,}8 = 0{,}107\ \mathrm{N}$$

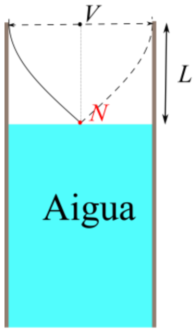
0,3 p I el treball és:

$$W = -q\Delta V = -3 \times 10^{-3}(0 - 2{,}83) = 8{,}49 \times 10^{-3}\ \mathrm{J}$$

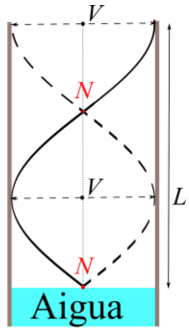
P3)

a)

0,7 p



Harmònic fonamental



Tercer Harmònic

Si els nodes no estan ben identificats es restarà 0,2 p.
Si els ventres no estan ben identificats es restarà 0,2 p.
Si no s'identifica la primera ressonància com el primer harmònic es restarà 0,1 p.
Si no s'identifica la segona ressonància com el tercer harmònic es restarà 0,2 p.
No es restarà el fet que no escalin correctament la longitud L.

0,15 p Podem comprovar que com que és un tub obert per un costat a la part superior tenim un ventre, per tant pel primer harmònic tenim:

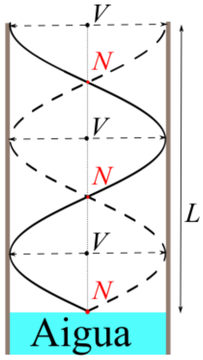
$$L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda_1 = 4L = 0{,}7720 \text{ m}$$

Pel tercer harmònic tenim

$$L = \frac{\lambda_3}{4} + \frac{\lambda_3}{2} = \frac{3\lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4}{3}L = 0{,}7733 \text{ m}$$

0,2 p Podem comprovar que en els dos casos obtenim la mateixa longitud d'ona, la raó és que en ambdós casos la freqüència de l'ona ressonant és la mateixa, 442 Hz, la velocitat de propagació és la mateixa, *c*, llavors com la longitud d'ona també ha de ser la mateixa:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$



Cinquè Harmònic

0,2 p El cinquè harmònic és l'indicat a la figura

$$L = \frac{\lambda_5}{4} + \lambda_5 = \frac{5\lambda_5}{4} = \frac{5 \cdot 0{,}7727}{4} = 0{,}966 \text{ m}$$

Com a valor de longitud d'ona hem agafat el valor mitjà del primer i tercer harmònics, però es pot considerar vàlida la resposta amb el valor de λ_1 o λ_3.

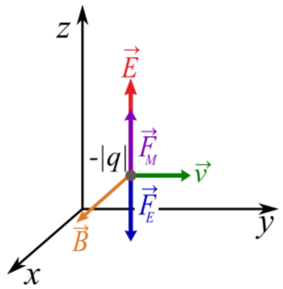
b)

0,65 p La velocitat del so és:

$$c = \lambda f = 0{,}7727 \cdot 442 = 340 \text{ m/s}$$

0,6 p No variarà perquè l'ona que percebem és la que es propaga a través de l'aire, i per tant la velocitat de propagació en tots dos casos serà la mateixa, 340 m/s.

P4)
a)



0,1 p La força aplicada pel camp magnètic és:

$$\vec{F}_M = q\vec{v} \times \vec{B}$$

0,2 p Aplicant la regla de la mà dreta i tenint en compte que els ions estan carregats negativament, podem veure que la força magnètica està dirigida verticalment cap amunt.

0,2 p Perquè l'ió no es desviï, la suma de forces ha de ser zero, $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$, per tant la força aplicada pel camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap avall.

0,1 p La força aplicada pel camp elèctric és:

$$\vec{F}_E = q\vec{E}$$

0,1 p Com que la càrrega és negativa, el camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap amunt.

0,2 p Perquè no es desviïn els mòduls de les forces elèctrica i magnètica han de ser iguals:

$$qE = qvB \Rightarrow E = vB = 10^5 \text{ V/m}$$

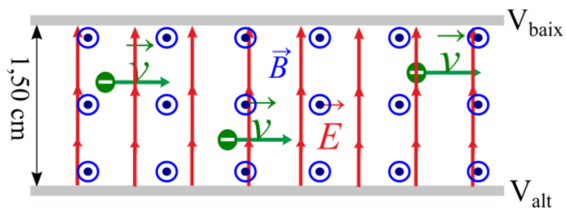
0,1 p El camp creat per dues plaques paral·leles és homogeni i la relació entre diferència de potencial i el camp és:

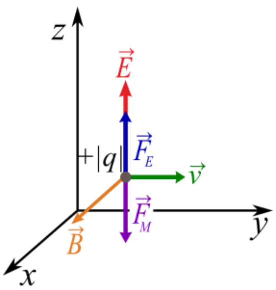
$$\Delta V = Ed$$

On d és la distància entre plaques, per tant la diferència de potencial que cal aplicar és:

$$\Delta V = Ed = 10^5 \cdot 0{,}015 = 1500 \text{ V}$$

0,1 p El camp elèctric apunta en la direcció en la qual el potencial disminueix; per tant, cal connectar la placa inferior al terminal de potencial alt i la placa superior al terminal de potencial baix:

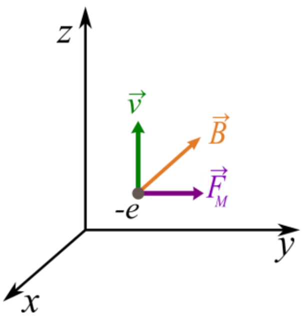


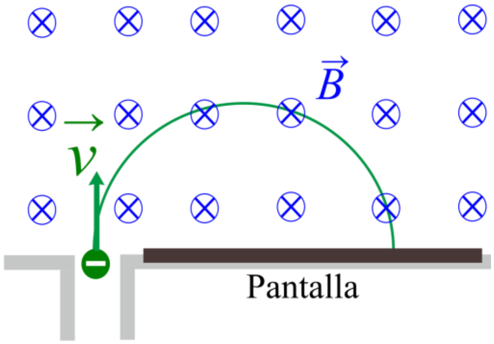


0,15 p Aquest selector de velocitats configurat així també funciona per càrregues positives atès que tant la força elèctrica com la magnètica canvien el sentit, per tant, la seva suma vectorial segueix sent zero.

b)

0,2 p representació





0,3 p A més, la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$, per tant, el resultat serà que aplicarem una força normal constant; és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant). El sentit de la força ve determinat per la regla de la mà dreta.

0,5 p La força total és la força aplicada pel camp magnètic:

$$\vec{F}_M = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

El radi de la trajectòria es pot obtenir a partir de la segona llei de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

i tenint en compte que l'acceleració centrípeta s'expressa com

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

I, finalment, com la velocitat i el camp magnètic són perpendiculars:

$$evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$$

0,25 p I la distància serà dues vegades el radi, per tant, per l'ió $^{20}Ne^-$ tenim:

$$d = 2\frac{mv}{eB} = 2\frac{3{,}32 \times 10^{-26} \times 2 \times 10^5}{1{,}602 \times 10^{-19} \times 0{,}2} = 0{,}414 \text{ m}$$

P5)

a)

0,6 p Atès que el període d'oscil·lació depèn de la massa i de la constant elàstica:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow m = k\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

A partir de la mesura del període i coneguda la constant elàstica podem determinar la massa d'un cos.
Encara més, si en lloc de comptar el temps per fer una oscil·lació complerta mesurem el temps que triga a fer un cert nombre d'oscil·lacions millorem la precisió amb què determinem el període i d'aquesta manera podem determinar amb més precisió la massa de l'objecte.

0,65 p Com que el període només depèn de la massa i la constant elàstica, no depèn de la intensitat del camp gravitatori, la mesura es la mateixa a la Terra que a la Lluna.
De fet, a la Lluna serà una mica més precisa atès que no tenim l'efecte de la fricció amb l'aire.

b)

0,1 p

$$A = 0{,}06 \text{ m}$$
$$\omega = 2\pi f = 20\pi \text{ rad/s}$$

Primera opció

0,1 p Equació del MHS:

$$x(t) = A\, sin(\omega t + \varphi_0)$$

0,2 p

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = A\omega\, cos(\omega t + \varphi_0)$$

0,1 p llavors la velocitat màxima és:

$$v_{màx} = A\omega = 3{,}77 \text{ m/s}$$

0,2 p

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -A\omega^2\, sin(\omega t + \varphi_0) = -x\omega^2$$

0,1 p llavors l'acceleració màxima és:

$$a_{màx} = A\omega^2 = 237 \text{ m/s}^2$$

0,2 p Si a t=0 l'acceleració és màxima, llavors x és mínima,

$$x(t = 0) = -A$$
$$-A = A\, sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcSin(-1) = -\pi/2 \text{ rad.}$$

0,25 p Finalment, l'equació del moviment és:

$x(t) = 0{,}06 sin(20\pi t - \pi/2)$, x en m i t en s.

Alternativament:

0,1 p Equació del MHS:

$$x(t) = A\,cos(\omega t + \varphi_0)$$

0,2 p

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -A\omega\,sin(\omega t + \varphi_0)$$

0,1 p llavors la velocitat màxima és:

$$v_{màx} = A\omega = 3{,}77 \text{ m/s}$$

0,2 p

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -A\omega^2\,cos(\omega t + \varphi_0) = -x\omega^2$$

0,1 p llavors l'acceleració màxima és:

$$a_{màx} = A\omega^2 = 237 \text{ m/s}^2$$

0,2 p Si a t=0 l'acceleració és màxima, llavors x és mínima,

$$x(t = 0) = -A$$

$$-A = A\,cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcCos(-1) = \pi \text{ rad.}$$

0,25 p Finalment, l'equació del moviment és:

$x(t) = 0{,}06cos(20\pi t + \pi)$, x en m i t en s.

P6)

a)

0,1 p Com que el nombre de protons és 92 i el nombre nucleons és 235 llavors el nombre de neutrons és 143.

El defecte de massa és:

0,4 p $\Delta m = \left(92\, m({}^{1}_{1}p) + 143\, m({}^{1}_{0}n)\right) - m({}^{235}_{92}U) = 3{,}18 \times 10^{-27}$ kg

I l'energia d'enllaç és

0,3 p $E = \Delta mc^2 = 3{,}18 \times 10^{-27} \times (3{,}00 \times 10^{8})^2 = 2{,}862 \times 10^{-10}\text{J} = 1{,}78 \times 10^{9}$ eV

I l'energia d'enllaç per nucleó:

0,2 p $\frac{\Delta mc^2}{A} = \frac{2{,}862 \times 10^{-10}\text{J}}{235} = 1{,}22 \times 10^{-12}\text{J} = 7{,}60 \times 10^{6}$ eV

0,25 p A partir de la taula:

Nucli	Sofre-34	**Ferro-56**	Radi-226	Urani-235
Energia d'enllaç per nucleó (MeV)	8,58	**8,79**	7,66	**7,60**

Com que l'estabilitat dels nuclis augmenta amb l'energia d'enllaç per nucleó, podem comprovar que el nucli més estable de la taula seria el Ferro-56.

b)

0,6 p Reacció nuclear

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n + {}^{x}_{y}Z $$

$$ \left.\begin{array}{r} 235 + 1 = 141 + 3 + x \longrightarrow x = 92 \\ 92 = 56 + y \longrightarrow y = 36 \end{array}\right\} {}^{92}_{36}Kr $$

Per tant, la reacció és

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n $$

0,15 p Energia consumida per la il·luminació d'un estadi esportiu en MeV:

$$ 25\,000 \text{ kWh} = 25\,000 \times 1000 \times 3600 = 9{,}00 \times 10^{10} \text{ J} $$

$$ 9{,}00 \times 10^{10} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}} \frac{1 \text{ MeV}}{10^{6} \text{ eV}} = 5{,}62 \times 10^{23} \text{ MeV} $$

0,25 p Nuclis d'urani

$$ n({}^{235}_{92}U) = \frac{5{,}62 \times 10^{23}}{202{,}5} = 2{,}77 \times 10^{21} $$

0,25 p Massa d'urani

$$ n({}^{235}_{92}U) \frac{\times 10^{-25} \text{ kg}}{1 \text{ nucli } {}^{235}_{92}U} = 1{,}083 \times 10^{-3} \text{ kg} = 1{,}083 \text{ g} $$

P7)

a)

0,3 p Si apliquem balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$E_C = hf - W_0$$

0,2 p La freqüència dels fotons és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 1{,}00 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

0,2 p I l'energia dels fotons és:

$$hf = 6{,}63 \times 10^{-19}\ \text{J}\frac{1\ \text{eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}} = 4{,}14\ \text{eV}$$

0,2 p Per tant, la funció de treball que ens cal per construir el sensor és:

$$W_0 = hf - E_C = 4{,}14 - 1 = 3{,}14\ \text{eV}\frac{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}}{1\ \text{eV}} = 5{,}03 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

0,1 p La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = 7{,}58 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,25 p I finalment la longitud d'ona llindar és:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{7{,}58 \times 10^{14}} = 3{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}\frac{10^9\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 396\ \text{nm}$$

b)

0,5 p La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h}$$

I la longitud d'ona llindar s'expressa com:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{hc}{W_0}$$

Llavors pel tungstè

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^8}{8{,}36 \times 10^{-19}} = 2{,}38 \times 10^{-7}\ \text{m}\frac{10^9\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 238\ \text{nm}$$

pel magnesi

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^8}{5{,}86 \times 10^{-19}} = 3{,}39 \times 10^{-7}\ \text{m}\frac{10^9\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 339\ \text{nm}$$

i pel potassi

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^8}{3{,}67 \times 10^{-19}} = 5{,}42 \times 10^{-7}\ \text{m}\frac{10^9\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 542\ \text{nm}$$

Element	Símbol	Funció Treball (J)	Longitud d'ona llindar (nm)
Tungstè	W	$8{,}36 \times 10^{-19}$	238
Magnesi	Mg	$5{,}86 \times 10^{-19}$	339
Potassi	K	$3{,}67 \times 10^{-19}$	542

0,75 p Només podem fer servir el potassi que té una longitud d'ona llindar més gran que la que hem determinat a l'apartat a: $\lambda_{0,Mg} = 542\ \text{nm} > 396\ \text{nm}$. Les longituds d'ona llindars del tungstè i del potassi són massa petites.