



ÉCOLE EUROPÉENNE MUNICH

EXAMEN du PRÉBACCALAUREAT EUROPÉEN
2021

ANNÉE SCOLAIRE 2020/21

SUJET: PHYSIQUE

NOMBRE DE PERIODES PAR SEMAINE: 4

ENSEIGNANT: DOLL

DATE: 8.02.2021

DURÉE DE L'EXAMEN : 3 heures = 180 minutes

MATÉRIEL AUTORISÉ : *TI-nspire* en mode « Press to Test ».
Formulaire (fourni)

INSTRUCTIONS: Les 4 questions sont obligatoires.

Question 1: Gravitation

Dans cette question, nous considérons la Terre comme une sphère homogène. Nous négligerons toutes les forces d'attraction autres que celles exercées par la Terre, et nous supposons qu'un satellite possède une orbite circulaire autour de la Terre.

Le 16.08.2020, une fusée Ariane 5 a décollé du Centre spatial européen de Kourou, en Guyane Française, avec trois satellites américains à son bord, dont le satellite géostationnaire MEV2 d'une masse de 2 875 kg.



En route vers l'orbite du satellite, la fusée de lancement s'est d'abord dirigée vers une "orbite de stationnement" circulaire à une altitude de 175 km au-dessus de la surface de la Terre. Sur cette orbite, la fusée recalcule des imprécisions survenues lors du lancement et se dirige ensuite vers l'orbite géostationnaire visée.

- a) i. Montrer que la vitesse de la fusée de lancement sur une orbite circulaire est donnée par:

$$v = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{r}}$$

où g_0 est l'intensité du champ de pesanteur à la surface de la Terre, R est le rayon de la Terre, et r est la distance de la fusée du centre de la Terre.

- ii. Montrez que la vitesse de la fusée sur l'orbite de stationnement est d'environ 7,79 km.s⁻¹.
 iii. Calculez combien de fois la fusée fera le tour de la Terre en une journée.

- b) De là, Ariane 5 se dirige vers l'orbite géostationnaire. Montrez que cette orbite se trouve à environ 35 800 km au-dessus de la surface de la Terre.

- c) Le satellite est maintenant déployé et se trouve sur son orbite géostationnaire.

- i. Montrez que l'énergie totale d'un tel satellite est donnée par : E_T

$$E_T = -\frac{GmM}{2r}$$

où G est la constante universelle de la gravitation, m est la masse du satellite, M est la masse de la Terre, et r est le rayon de l'orbite du satellite. On suppose que l'énergie potentielle E_p est nulle à l'infini.

Question 1: Gravitation

		Page 2/2	Points
d)	ii. Calculez l'énergie nécessaire pour faire passer le satellite (pas la fusée !) de l'orbite de stationnement à l'orbite géostationnaire.		2
	<p>Une fois sa tâche accomplie, la fusée Ariane devient un débris spatial. Dans ce contexte, le journal allemand « <i>Augsburger Allgemeine Zeitung</i> » écrivait le 3 septembre 2009 :</p> <p>« Les experts soulignent depuis longtemps les dangers des débris spatiaux. Selon l'Agence spatiale européenne ESA, il y a actuellement environ 13 000 objets référencés de plus de dix centimètres et qui pourraient donc constituer une menace pour les satellites ou la Station Spatiale Internationale (ISS). Au total, il y a jusqu'à 600 000 objets, disent-ils. Ces derniers ont atteint des vitesses de plus de dix à onze kilomètres par seconde, soit environ 40 000 kilomètres par heure. »</p> <p>Répondez aux questions suivantes, en donnant les raisons de chacune de vos réponses. Justifiez les réponses aux questions i. et ii. à l'aide d'un calcul.</p>		
	i. Montrez si les conversions de vitesse sont correctes dans la citation du journal.		1
	ii. Expliquer si ces débris spatiaux sont en orbite géostationnaire.		2
	iii. Sachant que les débris sont en orbite elliptique, expliquez comment les débris spatiaux peuvent atteindre des vitesses aussi élevées.		2
Données :			
	Rayon de la Terre:	$R = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$	
	Intensité du champ de pesanteur à la surface de la Terre :	$g_0 = 9,81 \text{ N kg}^{-1}$	
	Constante universelle de la gravitation:	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$	
	Masse de la Terre:	$M = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$	
	Variation d'énergie potentielle d'une masse m dans un champ gravitationnel radial autour d'une masse M , entre la position r_a et la position r_b :		
	$\Delta E_{\text{pot}} = GmM\left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right)$		

Question 2: Champs

Page 1/3

Points

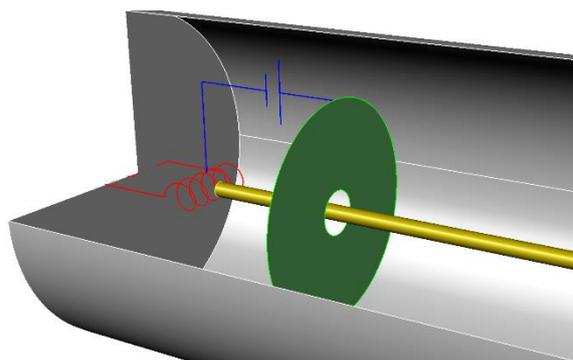
Jusqu'à il y a 20 ans, les téléviseurs étaient fabriqués à partir d'une enceinte vide d'air dans lequel les électrons sont libérés par une cathode chauffée, puis envoyés sur un écran. Là, en raison de la fluorescence, une lueur se produit sur l'écran qui peut être perçue comme un pixel illuminé.



Afin de créer une image à partir de nombreux points lumineux, il est nécessaire de dévier le faisceau d'électrons au moyen d'un champ électrique ou magnétique afin qu'il frappe l'écran au point voulu. Ces deux mécanismes, ainsi que le dispositif d'accélération qui crée le faisceau d'électrons, sont étudiés dans les questions suivantes. Nous n'utilisons ici que la physique classique, et l'action de la gravité est négligée.

L'accélérateur:

- a) Les électrons de charge $-e$, et de masse m_e sont émis par une cathode chauffée (rouge) avec une énergie cinétique initiale négligeable. Une tension U_B (bleue) accélère les électrons jusqu'à une petite ouverture dans le disque (vert). Ce faisceau d'électrons est montré en jaune dans le diagramme.



- i. Montrer que la vitesse des électrons au niveau de l'ouverture est donnée par:

$$v = \sqrt{\frac{2eU_B}{m_e}}$$

- ii. Montrez que la tension accélératrice nécessaire pour amener les électrons à une vitesse de $v = 3,00 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ est $U_B = 2\,560 \text{ V}$
- iii. En réalité, l'énergie cinétique des électrons quittant la cathode chauffée n'est pas nulle. Expliquez brièvement comment cette situation réelle peut affecter la vitesse mesurée des électrons au niveau de l'ouverture (vert).

4

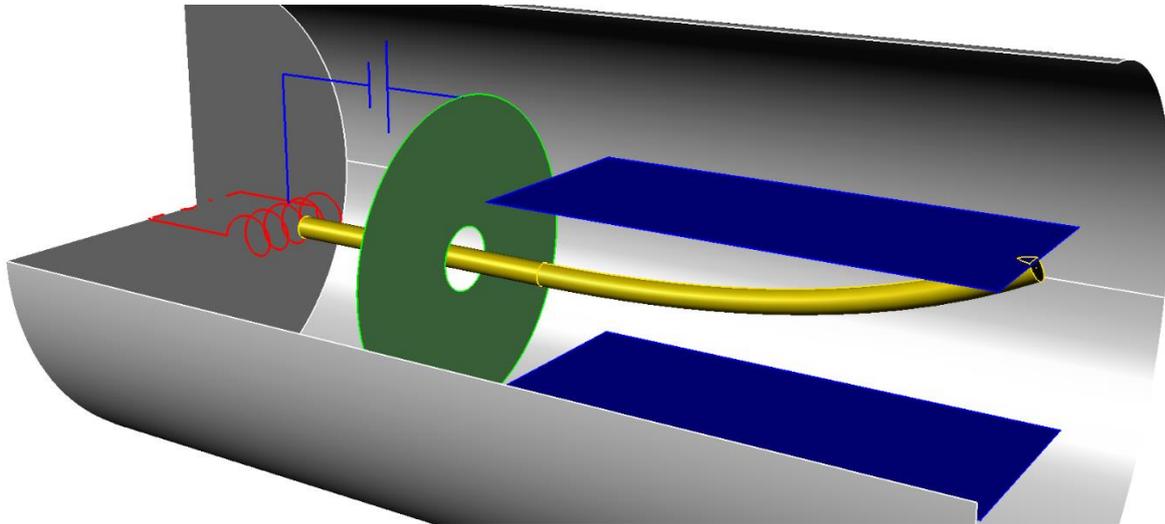
2

1

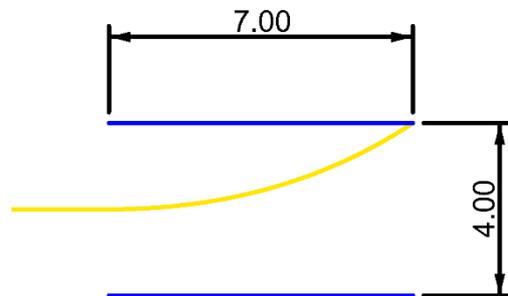
Question 2: Champs

b) La déviation vers le haut et vers le bas :

Après avoir traversé l'ouverture (verte), le faisceau d'électrons pénètre dans l'espace entre deux plaques parallèles, représentées en bleu. Là, un champ électrique entre les plaques dévie le faisceau d'électrons vers le haut. La tension entre les plaques est notée U_K .



Les dimensions exactes sont indiquées en centimètres sur la figure de droite. Le faisceau d'électrons pénètre exactement à mi-chemin entre les plaques, avec une vitesse $v = 3,00 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$.



i. Dessinez, sur votre feuille de réponse, les deux plaques et entre elles les lignes du champ électrique. Justifier le sens de ces lignes de champ. 2

ii. Montrez que la trajectoire du faisceau d'électrons entre les plaques est donnée par l'expression: 5

$$y(x) = \frac{e U_K}{2 d m_e v^2} x^2$$

et en l'utilisant, expliquez la forme de la trajectoire.

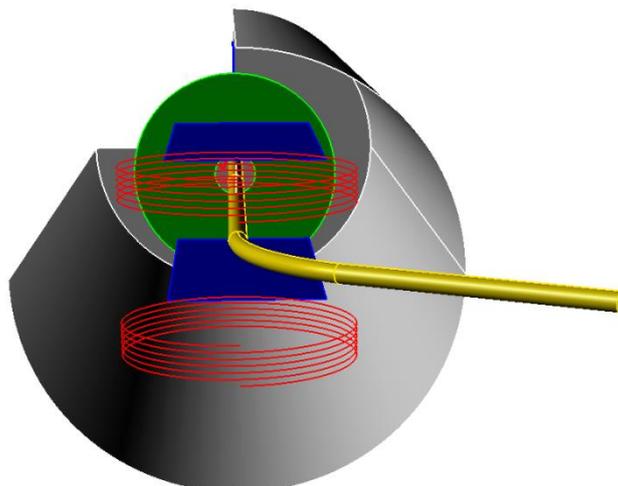
iii. Avec l'aide de l'expression donnée en ii. , calculez l'intensité maximale du champ entre les plaques qui permettrait au faisceau de quitter l'espace entre les plaques juste avant de frapper la plaque supérieure. 3

Question 2: Champs

c) **La déviation vers la gauche et la droite :**

Après la région des plaques, se trouve un autre dispositif permettant de dévier le faisceau d'électrons. Il se compose de deux bobines, en rouge sur la figure, situées au-dessus et au-dessous du faisceau d'électrons. Elles génèrent un champ magnétique uniforme qui dévie le faisceau vers la droite ou vers la gauche, de sorte que le faisceau peut frapper toutes les parties de l'écran.

Dans cette partie de la question, il n'y a plus de champ entre les plaques, de sorte que seules les bobines dévient le faisceau.



- i. La déviation due à un champ magnétique diffère sensiblement de celle due à un champ électrique. Expliquez brièvement les effets sur la trajectoire des électrons, et sur leur énergie cinétique, dans ces deux types de déviation (électrique et magnétique). 4
- ii. Quelles doivent être la direction et le sens du champ magnétique pour que le faisceau soit dévié vers la droite ? Justifiez votre raisonnement. 2
- iii. Supposons que nous utilisions des ions chargés positivement au lieu d'électrons. La trajectoire dans le champ magnétique serait différente. Précisez brièvement les deux principales différences. 2

Données: Masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Question 3 : Ondes mécaniques

		Page 1/1	Points
a)	<p>Marc et Luc se rendent près d'un lac pour pique-niquer. Ils s'intéressent aux vagues produites par un bateau dans l'eau et se réjouissent d'avoir trouvé l'expression décrivant les vagues :</p> $y = 0,200 \sin(2,00 \pi (0,400t - 0,200x))$ <p>où x et y sont mesurés en mètre et t en seconde.</p> <p>Calculez:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ l'amplitude de l'onde ○ sa période ○ sa longueur d'onde ○ sa fréquence ○ sa vitesse. 		5
b)	<p>Tout en regardant sa bouteille contenant de l'eau, Marc se souvient que son grand-père lui a montré comment souffler dessus pour produire un son. Il sait maintenant que cela est dû à la présence d'une onde stationnaire. On peut supposer que la bouteille est un cylindre ouvert en haut,. La fréquence de l'onde stationnaire dépend de la hauteur de l' eau dans la bouteille.</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Expliquez comment une onde stationnaire peut être formée à partir d'une onde progressive. ii. Si la surface de l'eau se trouve à une distance de 20,0 cm du haut de la bouteille, montrer que le son a une fréquence de 425 Hz. iii. Si le son n'avait que la moitié de cette fréquence, quelle serait la distance entre le haut de la bouteille et la surface de l'eau dans celle-ci ? Expliquez votre réponse à l'aide d'un calcul. 		2 4 4
c)	<p>Marc et Luc fabriquent ensuite des flûtes avec un morceau de bois creux de 0,500 m de long. La flûte de Marc a une extrémité ouverte et une fermée, et celle de Luc est ouverte aux deux extrémités.</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Chacun joue la fréquence la plus basse qu'il peut obtenir sur sa flûte, mais les fréquences ne sont pas les mêmes. Déterminez chacune de ces fréquences fondamentales et expliquez pourquoi les valeurs sont différentes. En soufflant plus fort, ils produisent chacun une onde stationnaire d'ordre supérieur. ii. Marc produit l'onde stationnaire d'ordre deux. Montrez que sa fréquence est de 510 Hz. iii. Montrez par un calcul que la flûte de Luc n'est pas capable de produire une onde stationnaire d'ordre deux ayant cette même fréquence. <p>Donnée: Vitesse du son dans l'air : $v = 340 \text{ m s}^{-1}$</p>		4 3 3

Question 4 : Ondes électromagnétiques

		Page 1/2	Points
a)	<p>La dispersion de la lumière blanche est la séparation des différentes couleurs qui la composent. Nous allons examiner trois situations où cela peut se produire: quand la lumière blanche traverse un bloc de verre, passe à travers une double fente, ou à travers un réseau.</p> <p>i. Quelle propriété d'une onde lumineuse détermine sa couleur?</p>		1
	<p>Les indices de réfraction d'un type de verre donné sont de 1,77 pour la lumière violette et de 1,74 pour la lumière rouge.</p> <p>ii. Calculez le rapport de la vitesse de la lumière rouge par celle de la lumière violette dans ce verre.</p>		2
	<p>iii. Un faisceau de lumière blanche se déplace dans l'air et pénètre dans un bloc de ce verre rectangulaire avec un angle d'incidence de 60°. Calculer l'angle entre les bords rouge et violet du faisceau réfracté, en précisant quelle est la couleur la plus réfractée. (L'indice de réfraction de l'air est 1,00)</p>		4
b)	<p>Une lumière laser monochromatique rouge traverse sous incidence normale deux fentes fines parallèles, sur un écran, placé parallèlement au plan des fentes. On observe la figure ci-après:</p>  <p>i. Expliquez la figure observée.</p> <p>ii. Expliquez comment la figure serait modifiée si nous envoyions une lumière blanche (cohérente) à travers les fentes.</p> <p>iii. Montrez que la position x d'un maximum de luminosité sur l'écran (mesurée à partir du centre) est donnée par l'expression :</p> $x = \frac{k\lambda D}{d}$ <p>où k est l'ordre du point lumineux, λ est la longueur d'onde de la lumière, D est la distance entre les fentes et l'écran et d est la distance entre les fentes. Précisez clairement toutes les approximations faites.</p> <p>iv. Les deux fentes sont séparées de 0,500 mm, et sont placées à une distance de 1,00 m de l'écran. Une lumière blanche les traverse. Quelle serait la distance mesurée sur l'écran entre le premier maximum rouge et le premier maximum violet ?</p>		3 3 4 2

Question 4 : Ondes électromagnétiques

		Page 2/2	Points
c)	<p>La même lumière laser monochromatique rouge passe maintenant à travers un réseau composé de nombreuses fentes parallèles étroites et arrive sur l'écran.</p> <p>i. Décrire comment la figure observée sera différente de celle obtenue avec les doubles fentes.</p> <p>ii. Une lumière blanche cohérente passe à travers le réseau, et un spectre est produit. Décrire en quoi ce spectre diffère du spectre produit par un prisme.</p> <p>iii. Un réseau de diffraction possède 400 traits par mm. Une lumière blanche cohérente traverse ce réseau sous incidence normale. Calculer l'angle entre les lignes rouge et violette du premier ordre.</p>		<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>
	<p><u>Données</u> :</p> <p>$\lambda_{\text{rouge}} = 680 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{violet}} = 420 \text{ nm}$.</p>		

[Page blanche]