

PHYSIQUE

DATE : 4 juin 2014

DUREE DE L'EXAMEN :

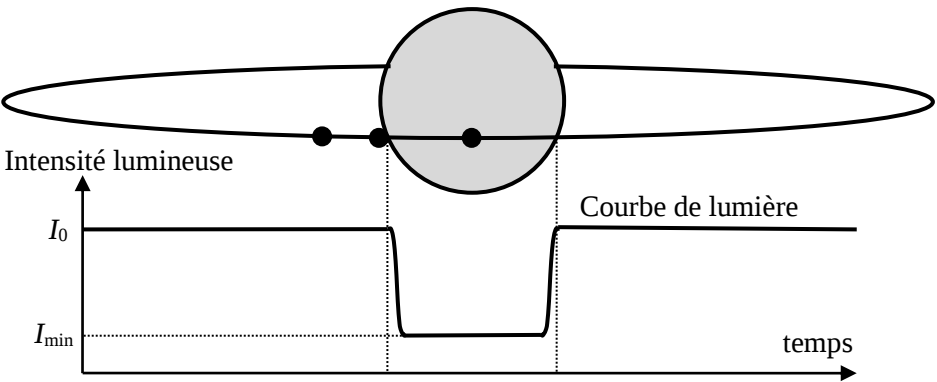
3 heures (180 minutes)

MATERIEL AUTORISE :

Calculatrice utilisée en mathématique en mode « Press-to-test »

REMARQUES PARTICULIERES :

- Choisir 4 questions parmi les 6 questions données.
- Indiquer votre choix de questions en cochant d'une croix les cases appropriées du document joint à cet effet.
- Utiliser une page différente pour chaque question.

Question 1		
	Page 1/3	Barème
Le télescope spatial Kepler a été lancé en mars 2009 afin de découvrir des exoplanètes, c.-à-d. des planètes situées hors de notre système solaire. Fin février 2013, il avait découvert plus de 2 300 exoplanètes possibles, parmi lesquelles 105 ont été confirmées. Il recueillera des données jusqu'en 2016. Lorsqu'une exoplanète passe devant son étoile, une légère diminution de l'intensité lumineuse en provenance de l'étoile est mesurée (voir figure ci-dessous).		
 En mesurant l'intensité lumineuse de l'étoile Kepler-22, on a pu identifier la présence de la planète Kepler-22b. L'intensité lumineuse I de l'étoile Kepler-22 décroît de I_0 à sa valeur minimale $I_{\min} = 0,9995 I_0$, tous les 289 jours. On a calculé que la masse de Kepler-22 vaut 0,97 fois celle du Soleil et que son rayon vaut 0,98 fois celui du Soleil. L'orbite de Kepler-22b est supposée circulaire.		
a) i.	1. Démontrer que la période T d'une planète en orbite circulaire de rayon r autour d'une étoile de masse M est donnée par $T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^3}{G \cdot M}$	3 points
	2. Démontrer que le rayon de l'orbite de la planète Kepler-22b vaut $1,27 \cdot 10^{11}$ m .	3 points
	3. Calculer la vitesse orbitale de la planète.	2 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 1		
	Page 2/3	Barème
ii. La variation de l'intensité lumineuse permet de calculer le rapport du rayon R_p de la planète au rayon R de l'étoile grâce à l'équation $\left(\frac{R_p}{R}\right)^2 = 1 - \frac{I_{\min}}{I_0}$ Démontrer, à partir de cette équation, que le rayon de la planète Kepler-22b vaut $1,53 \cdot 10^7$ m . iii. Actuellement, la masse de la planète Kepler-22b est inconnue. Cependant, en supposant que sa densité soit semblable à celle de la Terre, sa masse vaudrait 13,8 fois la masse de la Terre. Calculer, dans ce cas, l'accélération de la pesanteur à la surface de la planète Kepler-22b. iv. 1. Expliquer la notion de vitesse de libération. 2. Démontrer que la vitesse de libération à la surface d'une planète de masse M_p et de rayon R_p est donnée par l'expression $v_{\text{libération}} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_p}{R_p}}$ 3. Calculer la vitesse de libération à la surface de Kepler-22b. b) Kepler-22b est la première exoplanète découverte qui pourrait héberger la vie. Supposons qu'une vie intelligente existe sur Kepler-22b et qu'une civilisation tente de placer un satellite d'observation de masse $m = 1\,500$ kg , en orbite circulaire, à une altitude de $1,30 \cdot 10^6$ m au-dessus de sa surface. i. Démontrer que l'énergie mécanique d'un satellite de masse m en orbite circulaire de rayon r autour d'une planète de masse M_p est donnée par l'expression $E = -\frac{G \cdot M_p \cdot m}{2 \cdot r}$ ii. Calculer l'énergie mécanique du satellite sur son orbite. iii. Le satellite est lancé depuis la surface de Kepler-22b. Calculer l'énergie nécessaire pour l'amener sur cette orbite. On néglige l'énergie cinétique due à une rotation de Kepler-22b.		2 points 2 points 1 point 2 points 1 point 3 points 2 points 4 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 1

Page 3/3

Données :

Constante de gravitation universelle

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

Masse du Soleil

$$M_{\text{S}} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

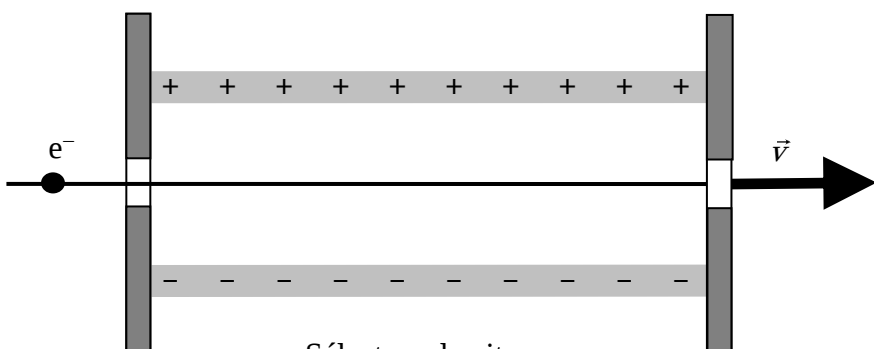
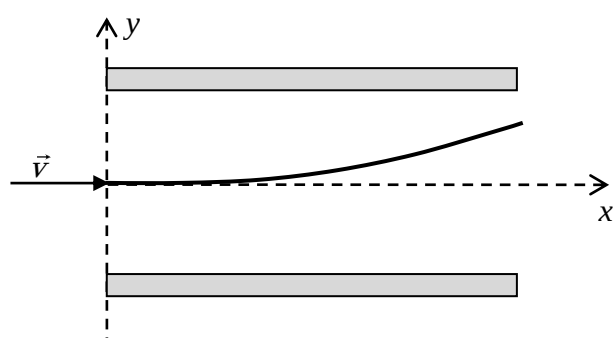
Rayon du Soleil

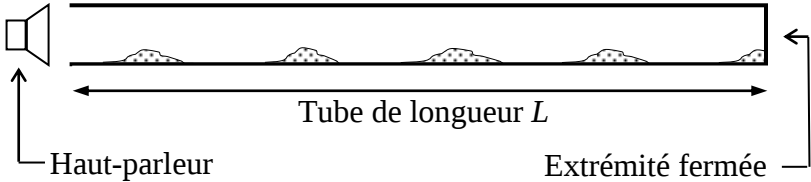
$$R_{\text{S}} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Masse de la Terre

$$M_{\text{T}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Question 2		
	Page 1/2	Barème
La charge massique e/m de l'électron peut être déterminée par deux méthodes différentes. a) Dans un canon à électrons, des électrons, émis avec une vitesse négligeable, sont accélérés à la vitesse v grâce à une différence de potentiel U_A. Ils pénètrent ensuite dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à leur mouvement. La trajectoire circulaire résultante est de rayon R. i. Démontrer que $v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_A}{m}}$ ii. Expliquer pourquoi les électrons sont en mouvement circulaire uniforme dans la région où agit le champ magnétique. iii. Démontrer que la charge massique de l'électron est donnée par l'expression $\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{B^2 \cdot R^2}$ iv. Lorsque $U_A = 2\,000\text{ V}$ et $B = 1,52\text{ mT}$, le rayon de la trajectoire circulaire vaut $R = 10,0\text{ cm}$. Calculer la valeur de e/m.		
		2 points
		2 points
		5 points
		2 points

Question 2		
	Page 2/2	Barème
b) Dans un sélecteur de vitesse (voir figure ci-dessous), les électrons sont soumis aux effets conjugués d'un champ électrique $\vec{E}$ uniforme et d'un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme. Tous les électrons quittant le sélecteur ont la même vitesse horizontale $\vec{v}$.  Sélecteur de vitesse i. Faire un schéma indiquant les directions et sens de $\vec{E}$ et $\vec{B}$. Justifier la réponse. ii. Démontrer que la mesure de la vitesse est donnée par $v = \frac{E}{B}$ Les électrons quittant le sélecteur de vitesse pénètrent dans un champ électrique uniforme produit par deux armatures horizontales, parallèles, de longueur L et distantes de d. U est la différence de potentiel établie entre ces armatures.  iii. Démontrer que la trajectoire des électrons entre ces plaques est donnée par $y = \frac{e \cdot U}{2 \cdot m \cdot d \cdot v^2} \cdot x^2$ iv. Calculer la valeur de la charge massique e/m sachant que les électrons quittent la région où règne le champ électrique en ayant subi un déplacement vertical $y = 2,00$ cm lorsque $U = 1\,240$ V, $v = 3,00 \cdot 10^7$ m·s⁻¹, $L = 10,0$ cm et $d = 6,00$ cm.		
	4 points	2 points
	5 points	3 points

Question 3		
	Page 1/2	Barème
a) Le tube de Kundt est un tuyau transparent contenant une petite quantité d'une fine poudre et rempli d'un gaz. Cet appareil est utilisé pour déterminer la longueur d'onde λ d'un son. Ce son est produit par un haut-parleur et transmis dans le tube par le gaz. Ce haut-parleur est connecté à un générateur de fréquence. Pour certaines fréquences, des ondes stationnaires sont produites dans le tube et de petits amoncellements de poudre se forment aux nœuds.  i. Expliquer comment une onde stationnaire est générée. 3 points ii. Afin d'obtenir une onde stationnaire dans un tube de Kundt, démontrer que 3 points $\lambda = \frac{4L}{2n+1}$ où L est la longueur de la colonne d'air et $n = 0, 1, 2, \dots$ iii. Calculer la fréquence fondamentale lorsque le tube est rempli d'air et que $L = 1,70$ m. 2 points iv. Faire un schéma montrant la forme de l'onde stationnaire pour une fréquence de 252 Hz. 4 points v. En utilisant un autre gaz dans le tube et une fréquence de 430 Hz, on mesure une distance de 0,310 m entre deux nœuds consécutifs. Déterminer quel est le gaz remplissant le tube. 3 points		

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 3														
	Page 2/2	Barème												
b) Pour une onde progressive transversale, l'élongation verticale y est donnée par l'équation $y(x,t) = 0,02 \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{0,003} - x\right)\right)$ dans laquelle x et y s'expriment en mètre et t en seconde. Calculer, pour cette onde, i. la fréquence et la période d'oscillation ; ii. la longueur d'onde ; iii. la célérité de l'onde ; iv. la vitesse maximale d'un point oscillant. <u>Données :</u> Célérité v du son dans différents gaz : <table><tr><th>Gaz</th><th>Hydrogène</th><th>Hélium</th><th>Oxygène</th><th>Dioxyde de carbone</th><th>Air</th></tr><tr><td>v (m/s)</td><td>1 309</td><td>1 007</td><td>362</td><td>266</td><td>343</td></tr></table>		Gaz	Hydrogène	Hélium	Oxygène	Dioxyde de carbone	Air	v (m/s)	1 309	1 007	362	266	343	2 points 2 points 2 points 4 points
Gaz	Hydrogène	Hélium	Oxygène	Dioxyde de carbone	Air									
v (m/s)	1 309	1 007	362	266	343									

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 4		
	Page 1/2	Barème
a) Afin d'observer une figure d'interférences stable produite par deux sources lumineuses, celles-ci doivent être <i>cohérentes</i>. Expliquer le terme <i>cohérence</i> et comment cette condition est réalisée dans l'expérience des deux fentes de Young. b) Dans l'expérience des (deux) fentes de Young en lumière monochromatique de longueur d'onde λ, une succession de maxima quasi équidistants est observée sur un écran placé parallèlement au plan des fentes. Démontrer, à l'aide d'un schéma approprié, que la séparation Δx entre deux maxima consécutifs est donnée par la relation approximative : $\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$ où L est la distance entre les fentes et l'écran et d la distance séparant les fentes. Préciser les approximations effectuées. c) i. Quelle modification sur la séparation Δx peut-on observer lorsque 1. l'on double la distance L ? 2. l'on double la séparation d des fentes ? ii. La figure d'interférence est-elle modifiée si l'on effectue ces deux modifications simultanément ? Si oui, comment ?	3 points	
	6 points	
	1 point	
	1 point	
	1 point	

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 4		
	Page 2/2	Barème
d) On réalise une expérience avec des fentes de Young afin de déterminer la longueur d'onde de la lumière rouge émise par un laser hélium-néon. Les données suivantes sont obtenues : la distance entre les fentes : $d = 0,200$ mm ; la distance entre les fentes et l'écran : $L = 3,00$ m ; la distance séparant 11 maxima (10 interférences) : 9,20 cm . Calculer la longueur d'onde de cette lumière rouge.		2 points
e) Une méthode similaire de détermination de la longueur d'onde de la lumière consiste à utiliser un réseau de diffraction. On utilise un réseau comportant 400 traits par millimètre et l'écran est placé à une distance $L = 1,20$ m de ce réseau. Le réseau est placé parallèlement à l'écran et le maximum d'ordre zéro est produit au centre de l'écran. La distance entre les deux maxima du deuxième ordre vaut 1,39 m. Calculer		
i. l'angle de déviation de l'un des maxima du deuxième ordre par rapport au maximum d'ordre zéro ;		2 points
ii. la longueur d'onde de la lumière ;		3 points
iii. le nombre total de maxima produits par ce réseau ;		3 points
iv. le plus grand nombre de maxima que l'on peut observer si l'écran a une largeur de 1,50 m .		3 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 5		
	Page 1/2	Barème
a) Une cellule photoélectrique possède une photocathode recouverte d'une pellicule de silicium dont le travail d'extraction vaut 3,59 eV. La surface de silicium est éclairée par une lumière monochromatique telle que le potentiel d'arrêt soit de 2,32 V. i. Représenter un schéma annoté afin de montrer comment on est capable de mesurer le courant photoélectrique et la différence de potentiel entre la photocathode et l'anode collectrice. ii. Calculer la longueur d'onde seuil du silicium. iii. Calculer la fréquence de la lumière utilisée. La fréquence de la lumière incidente devient maintenant égale à $1,60 \cdot 10^{15}$ Hz et sa puissance vaut 33,7 mW. iv. Démontrer que la source de lumière émet $3,18 \cdot 10^{16}$ photons par seconde. v. Calculer le courant photoélectrique maximum dans ce circuit sachant que le rendement quantique de la cellule est de 0,75 %.		
		3 points
		3 points
		3 points
		4 points
		4 points
b) Bohr proposa un modèle permettant d'expliquer le spectre de raies de l'atome d'hydrogène. i. Enoncer deux postulats de Bohr à la base de son modèle. Dans ce modèle, la vitesse orbitale v d'un électron est donnée par $v = \frac{n \cdot h}{2\pi \cdot r \cdot m_e} \text{ avec } n = 1, 2, 3, \dots$ où r est le rayon de l'orbite de l'électron. ii. Démontrer, en utilisant la force de Coulomb comme force centripète, que r est donné par $r = \frac{n^2 \cdot h^2 \cdot \epsilon_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2}$ iii. Déterminer pour quelles valeurs de n l'atome d'hydrogène possède un rayon d'au moins 1,0 nm.		
		2 points
		3 points
		3 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 5

Page 2/2

Données :

Charge électrique élémentaire $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Masse de l'électron $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Permittivité électrique absolue du vide $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE

Question 6		
	Page 1/2	Barème
On a découvert, en 1972, dans une mine d'uranium à Oklo (Gabon, Afrique de l'ouest), qu'a existé, dans le passé, un réacteur naturel à fission. Dans les dépôts de la mine d'uranium, il y avait une plus faible proportion de l'isotope 235 de l'uranium (U-235) que la normale ainsi que des produits de fission.		
a) On suppose qu'il y avait de l'eau dans ce réacteur naturel à fission. Expliquer quel rôle peut jouer l'eau dans un tel réacteur.		2 points
b) La réaction en chaîne s'est arrêtée lorsque la proportion $\frac{m_{U-235}}{m_U}$ est tombée à la valeur 0,03. Comme l'U-235 se désintègre plus rapidement que l'U-238, cette proportion vaut actuellement 0,0072. On admet qu'il n'y a d'autres isotopes présents que l'U-235 et l'U-238.		
i. Calculer la constante de désintégration λ de l'U-235.		2 points
ii. Montrer que l'activité actuelle de l'U-235 contenu dans 1,0 kg d'uranium provenant de la mine d'Oklo vaut $5,8 \cdot 10^5$ Bq.		5 points
iii. Lorsque la réaction en chaîne s'est arrêtée, l'activité dans 1,0 kg d'uranium valait $2,4 \cdot 10^6$ Bq. Déterminer depuis combien de temps cette réaction en chaîne s'est arrêtée.		4 points
c) Une réaction typique de fission est ${}^{235}_{92}\text{U} + \text{n} \rightarrow {}^{140}_Z\text{Cs} + {}^{94}_{37}\text{Rb} + x \cdot \text{n}$		
i. Déterminer le numéro atomique Z du Cs et le nombre x de neutrons libérés.		3 points
ii. Calculer l'énergie libérée (en MeV) par cette fission.		5 points
d) L'énergie moyenne libérée par la fission d'un noyau d'U-235 vaut approximativement 200 MeV. En analysant les isotopes dans la mine d'Oklo, on estime à 10^4 kg la masse d'U-235 qui a subi la fission dans ce réacteur naturel. Calculer l'énergie produite par ce réacteur naturel pendant toute son activité.		4 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2014 : PHYSIQUE**Question 6****Page 2/2****Données :**

Demi-vie de l'U-235	$7,04 \cdot 10^8$ ans
Demi-vie de l'U-238	$4,47 \cdot 10^9$ ans
Masse atomique de l'U-235	235,043 9 u
Masse atomique de l'U-238	238,050 8 u
Masse atomique du Cs-140	139,917 3 u
Masse atomique du Rb-94	93,926 4 u
Masse du neutron	1,008 7 u
Masse de l'électron	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$
Charge électrique élémentaire	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$