

PHYSIQUE

DATE : 7 juin 2013

DUREE DE L'EXAMEN :

3 heures (180 minutes)

MATERIEL AUTORISE :

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

ou

calculatrice (non programmable et non graphique)

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.

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

Question 1		
	Page 1/2	Barème
<p>La sonde Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) a été lancée en août 2005. Son but principal était de cartographier la surface de Mars pour y trouver de possibles sites d'atterrissage pour de prochaines missions. Elle fut placée en orbite martienne le 10 mars 2006 à une altitude de 380 km à la vitesse de $3,89 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.</p>		
<p>a) i. Démontrer que cette orbite ne peut être circulaire en calculant la vitesse d'un satellite en orbite circulaire à l'altitude de 380 km au-dessus de la surface de Mars.</p>		3 points
<p>ii. Expliquer pourquoi la vitesse du MRO, en orbite non circulaire, est plus faible lorsqu'il se trouve au point le plus éloigné de Mars.</p>		2 points
<p>b) Le MRO fut ensuite transféré de l'altitude de 380 km, où il possède la vitesse de $3,89 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, sur une orbite circulaire décrite à la vitesse de $3,41 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.</p>		
<p>i. Démontrer que le MRO circule dans ce cas à une altitude de $2,8 \cdot 10^2 \text{ km}$.</p>		3 points
<p>ii. Calculer la période de révolution du MRO sur cette orbite circulaire.</p>		2 points
<p>iii. Calculer la variation d'énergie mécanique du MRO au cours de ce transfert d'orbite.</p>		4 points
<p>c) Si, dans le futur, une mission habitée est mise en œuvre, le corps humain devra pouvoir s'adapter à la pesanteur différente agissant sur Mars.</p>		
<p>i. Calculer l'accélération de la pesanteur sur la surface martienne.</p>		3 points
<p>ii. Sur Terre, une personne est capable de sauter verticalement à une hauteur de 0,50 m au-dessus du sol. Calculer l'altitude que cette personne atteindrait en sautant avec la même vitesse initiale verticale sur Mars que sur Terre.</p>		3 points
<p>d) i. Démontrer que la vitesse de libération v_{lib} de la surface d'une planète de masse M et de rayon R est donnée par la relation</p>		
$v_{\text{lib}} = \sqrt{\frac{2G \cdot M}{R}}$		
<p>ii. Calculer la vitesse de libération v_{lib} depuis la surface de Mars.</p>		2 points

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

Question 1

Page 2/2

Barème

Données :

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

Masse du MRO $M_{\text{MRO}} = 2\,500 \text{ kg}$

Masse de Mars $M_{\text{M}} = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$

Rayon de Mars $R_{\text{M}} = 3,40 \cdot 10^6 \text{ m}$

Accélération de la pesanteur à la surface terrestre $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Question 2

Page 1/2

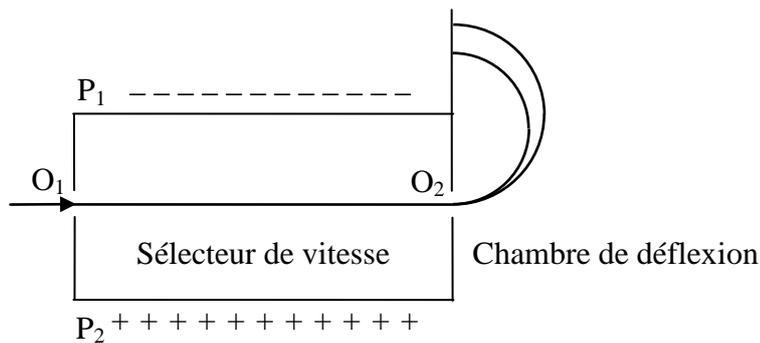
Barème

Un spectromètre de masse est utilisé pour séparer les ions $^{35}\text{Cl}^-$ et $^{37}\text{Cl}^-$.

Dans son sélecteur de vitesse (voir figure ci-dessous), les ions subissent les effets combinés d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Le champ électrique uniforme \vec{E} , de valeur $E = 2,00 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, est créé par deux plaques parallèles chargées, P_1 et P_2 . Le champ magnétique uniforme \vec{B} a pour valeur $B = 0,200 \text{ T}$.

Ces ions pénètrent parallèlement aux plaques P_1 et P_2 par l'ouverture O_1 du sélecteur de vitesse.

Seuls les ions de vitesse particulière \vec{v} le quittent par l'ouverture O_2 .



a) i. 1. Représenter sur un schéma les directions et sens des forces électrique et magnétique agissant sur ces ions de vitesse \vec{v} . 2 points

2. Représenter sur un schéma les directions et sens de \vec{E} , \vec{B} et \vec{v} . Justifier la réponse. 2 points

ii. Montrer que la mesure de cette vitesse est donnée par l'expression 3 points

$$v = \frac{E}{B}$$

iii. Expliquer pourquoi la vitesse nécessaire pour que les ions quittent le sélecteur en O_2 est la même pour les deux ions $^{35}\text{Cl}^-$ et $^{37}\text{Cl}^-$. 1 point

iv. Calculer v . 1 point

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

Question 2		
	Page 2/2	Barème
<p>b) Certains ions entrent dans le sélecteur de vitesse avec une vitesse v' plus petite que v. Ces ions ne le quittent pas par l'ouverture O_2.</p> <p>i. Indiquer vers quelle plaque sont déviés ces ions entrant par O_1. Justifier la réponse.</p> <p>ii. Démontrer que l'accélération initiale a (en O_1) d'un ion de masse m est donnée par l'équation</p> $a = (E - v' \cdot B) \cdot \frac{e}{m}$ <p>où e est la charge électrique élémentaire.</p>	<p>3 points</p> <p>3 points</p>	<p>3 points</p> <p>3 points</p>
<p>c) Les ions passant à travers O_2 à la vitesse \vec{v} pénètrent dans la chambre de déflexion où seul règne le champ magnétique \vec{B}.</p> <p>i. Expliquer pourquoi le mouvement des ions est circulaire uniforme dans la chambre de déflexion.</p> <p>ii. Montrer que le rayon r de cette trajectoire circulaire est donné par la relation</p> $r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$ <p>iii. Les ions $^{35}\text{Cl}^-$ de masse m_1 décrivent une trajectoire circulaire de rayon r_1. Les ions $^{37}\text{Cl}^-$ de masse m_2 décrivent une trajectoire circulaire de rayon r_2.</p> <p>Démontrer que $\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2}{m_1}$</p> <p>iv. Calculer $\frac{r_2}{r_1}$</p>	<p>2 points</p> <p>4 points</p> <p>2 points</p> <p>2 points</p>	<p>2 points</p> <p>4 points</p> <p>2 points</p> <p>2 points</p>

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

Question 3		
	Page 1/2	Barème
<p>a) Un étudiant d'une École Européenne s'échoue et doit vivre sur une île déserte. Pour faire passer le temps, il observe les vagues et estime les valeurs de leurs propriétés. Ses observations suggèrent qu'il pourrait décrire ces vagues par une équation d'onde progressive transversale</p> $y = 0,30\sin(2\pi(0,50t - 0,25x))$ <p>dans laquelle x et y s'expriment en mètres et t en secondes.</p> <p>i. Expliquer ce que signifie « onde transversale ».</p> <p>ii. Calculer, pour cette onde,</p> <ul style="list-style-type: none"> • la différence de hauteur entre un sommet et un creux, • la période, • la longueur d'onde, • la vitesse de propagation. <p>iii. L'étudiant observe un bouchon flottant sur l'eau en $x = 0$. Si ce dernier se situe à une hauteur initiale $y = 0$ et s'apprête à monter, combien de temps faudra-t-il pour qu'il atteigne pour la première fois une hauteur de 20 cm ?</p> <p>iv. Cette onde traverse ensuite une région où la célérité des ondes devient égale à $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Établir une équation qui permet de décrire l'onde progressive transversale dans cette région, en supposant que l'amplitude reste constante.</p>	<p>1 point</p> <p>4 points</p> <p>3 points</p> <p>3 points</p>	
<p>b) Un jour l'étudiant découvre une bouteille sur la plage. Il y introduit de l'eau et constate que souffler à travers son goulot produit un son, une onde stationnaire se formant dans la bouteille. Il remarque que la fréquence de ce son change à mesure qu'il ajoute de l'eau dans la bouteille. On suppose que la fréquence du son produit est la fréquence fondamentale, que la bouteille peut être considérée comme cylindrique et que le ventre de l'onde se trouve au niveau de son goulot.</p> <p>i. Expliquer ce que signifient les mots nœud et ventre d'une onde stationnaire.</p> <p>ii. Démontrer que lorsque la surface de l'eau se situe à 10 cm du bord de la bouteille, le son produit possède une fréquence de 875 Hz.</p> <p>iii. Calculer la distance entre le bord de la bouteille et la surface du liquide pour obtenir un son de fréquence diminuée de moitié.</p>	<p>2 points</p> <p>4 points</p> <p>2 points</p>	

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

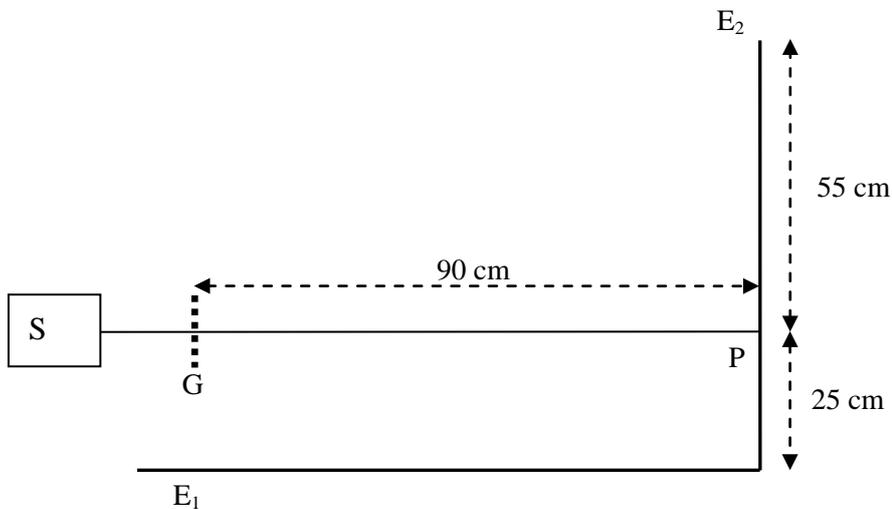
Question 3		
	Page 2/2	Barème
<p>c) Encouragé par son succès musical, l'étudiant se met à fabriquer une flûte à partir d'un morceau cylindrique de bambou creux de 70,0 cm de longueur. Le tube est ouvert aux deux extrémités.</p> <p>i. Calculer la fréquence la plus basse qu'il peut obtenir avec ce tube.</p> <p>ii. Il est capable de produire une fréquence f plus élevée avec le même tube. Calculer une nouvelle fréquence f possible.</p>		<p>3 points</p> <p>3 points</p>
<p><u>Donnée :</u></p> <p>Célérité du son dans l'air $v = 350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$</p>		

Question 4

Page 1/2

Barème

- a) Un laser en S émet un très fin faisceau rectiligne en direction d'un réseau de diffraction G placé perpendiculairement à la direction du faisceau incident. Après passage au travers du réseau, les faisceaux diffractés sont interceptés par deux écrans, E₁ et E₂, disposés perpendiculairement l'un à l'autre (voir figure ci-dessous).
 L'écran E₂ est parallèle au réseau G.
 La distance entre le réseau et l'écran E₂ vaut 90 cm.
 Le réseau de diffraction comporte 400 fentes par mm.



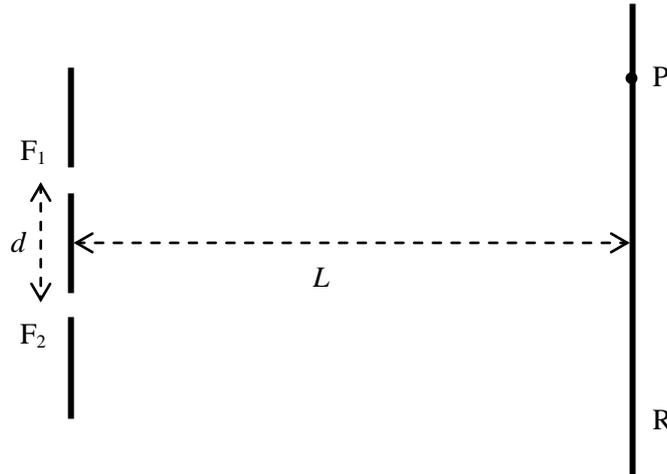
- i. Le laser émet une lumière de longueur d'onde égale à 510 nm.
1. Démontrer qu'un seul maximum d'ordre 2 est intercepté par l'écran E₂. 3 points
 2. Calculer le nombre total de maxima interceptés par l'écran E₁. 3 points
- ii. Un autre laser en S émet une lumière à la fréquence de $7,50 \cdot 10^{14}$ Hz .
 Les maxima d'ordre 2 et 3 en dessous de P, sont tous deux interceptés par l'écran E₁.
1. Calculer la longueur d'onde de cette lumière laser. 2 points
 2. Calculer la distance entre les maxima d'ordre 2 et 3 sur l'écran E₁. 4 points
- iii. Le laser est à présent remplacé en S par une source émettant toutes les longueurs d'onde comprises entre 500 nm et 600 nm.
 Les spectres d'ordre 2 et 3 se chevauchent-ils ? Justifier la réponse. 4 points
- iv. Imaginons que ces expériences soient réalisées dans un milieu transparent qui réduit la célérité de la lumière. Un étudiant prétend que, dans ce cas, le nombre total de maxima visibles sur les écrans E₁ et E₂ sera moins élevé que lorsque ces expériences étaient réalisées dans l'air.
 L'étudiant a-t-il raison ? Justifier la réponse. 3 points

Question 4

Page 2/2

Barème

- b) Un laser émettant des photons de longueur d'onde λ éclaire deux fentes F_1 et F_2 , parallèles, très fines, séparées centre à centre d'une distance d . On observe une figure d'interférence sur un écran R situé à une distance L des fentes. Soit x_k la distance entre le maximum central et celui d'ordre k sur l'écran.



- i. A quelle condition le point P sur l'écran n'intercepte-t-il aucune énergie en provenance des deux fentes bien que le laser fonctionne ? 2 points
- ii. Etablir une équation permettant de calculer x_k à partir de k , d , L et λ , en utilisant les approximations appropriées et en supposant que d est très petit par rapport à L . 4 points

Donnée :

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

Question 5

Page 1/3

Barème

a)

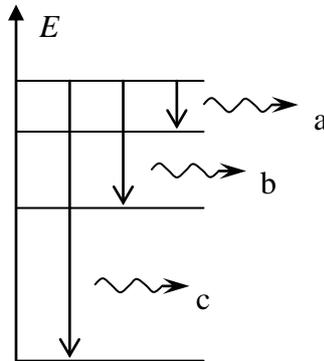


Figure 1

La figure 1 montre trois transitions entre différents niveaux d'énergie d'un atome. Lors de chaque transition, il se produit l'émission d'un photon. Une de ces transitions provoque l'émission d'une radiation ultraviolette, une autre celle d'une radiation infrarouge et la troisième celle d'une radiation dans le visible.

Associer chacun des 3 photons, a, b et c, à son type de radiation. Justifier la réponse.

3 points

b)

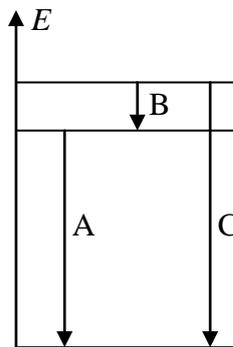


Figure 2

Les longueurs d'onde correspondant aux transitions représentées à la figure 2 valent 103 nm, 122 nm ou 656 nm.

Associer chaque transition, A, B et C, à la bonne longueur d'onde. Justifier la réponse.

3 points

c) Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV avec } n = 1, 2, 3, \dots$$

Calculer la quantité de mouvement du photon émis lorsque l'électron de l'atome d'hydrogène effectue la transition de $n = 3$ à $n = 2$.

4 points

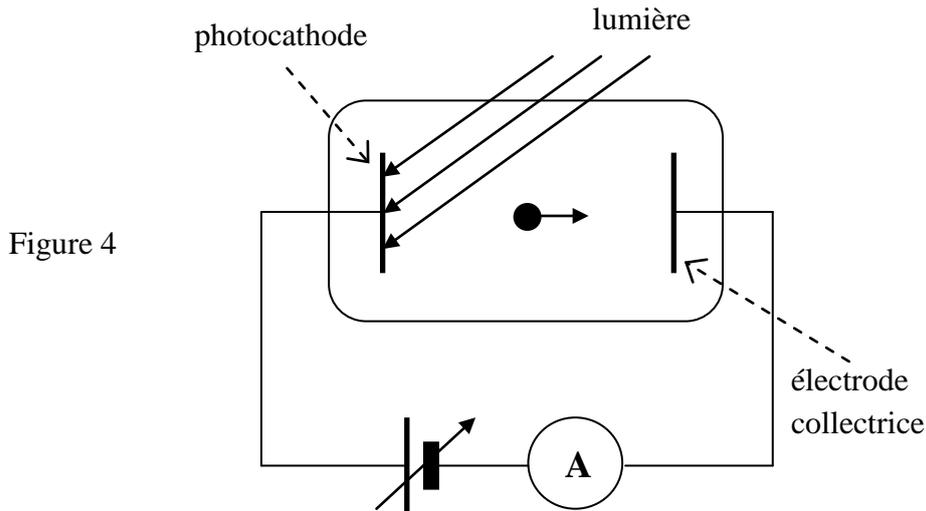
Question 5		
	Page 2/3	Barème
<p>d)</p> <div style="text-align: center;"> <p>Figure 3</p> </div> <p>La figure 3 montre une partie des niveaux d'énergie de l'atome de mercure.</p> <p>En utilisant ce diagramme, déterminer les transitions conduisant à l'émission de lumière (visible).</p> <p>Les longueurs d'onde λ de la lumière (visible) se situent dans l'intervalle $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$.</p>		5 points
<p>e) Le travail d'extraction pour le potassium vaut 2,24 eV.</p> <p>Est-il possible d'obtenir une émission photoélectrique en éclairant du potassium avec une lumière de longueur d'onde égale à 589 nm ? Justifier la réponse.</p>		5 points

Question 5

Page 3/3

Barème

- f) Une plaque métallique placée dans un tube sous vide en verre est éclairée par une lampe émettant un spectre lumineux continu de longueurs d'onde λ variant entre 490 nm et 790 nm. Des photoélectrons sont émis par la surface du métal et créent un courant électrique dans un circuit. L'intensité de ce courant est mesurée par un ampèremètre sensible (voir figure 4 ci-dessous).



Si l'on augmente la tension U grâce à un générateur de tension variable, l'intensité décroît. Lorsque U atteint la valeur de 1,75 V, l'intensité mesurée devient nulle. Le travail d'extraction du métal vaut 0,71 eV.

Déduire de cette expérience une valeur de la constante de Planck.

5 points

Données :

Constante de Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge électrique élémentaire	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

BACCALAUREAT EUROPEEN 2013 : PHYSIQUE

Question 6

Page 1/1

Barème

- a)** Les détecteurs de fumée à chambre d'ionisation contiennent une source radioactive scellée.
L'Am-241 émet des particules alpha d'énergie approximativement égale à 5,5 MeV.
- i.** Écrire l'équation de la désintégration alpha du $^{241}_{95}\text{Am}$.
- ii.** Du rayonnement γ d'énergie 60 keV est également émis.
Calculer la longueur d'onde de ce rayonnement.
- b) i.** Expliquer ce qu'est l'énergie de liaison d'un noyau atomique.
- ii.** Calculer l'énergie de liaison d'un noyau d'Am-241.
- c)** La demi-vie du $^{241}_{95}\text{Am}$ est $T_{1/2} = 433$ ans. La source d'un détecteur contient, lors de son installation, 0,25 μg d' $^{241}_{95}\text{Am}$.
- i.** Déterminer le nombre d'atomes d'Am-241 contenus dans cette source.
- ii.** Montrer que l'activité de cette source vaut environ 32 kBq.
- iii.** Calculer l'activité de la source après 50 ans.
- iv.** Combien de temps faut-il après l'installation pour que l'activité de la source tombe à 20 kBq ?

Données :

Masse atomique de $^{241}_{95}\text{Am}$	$m = 241,056\,829$ u
Masse du proton	$m_p = 1,007\,276$ u
Masse du neutron	$m_n = 1,008\,665$ u
Masse de l'électron	$m_e = 0,000\,549$ u
Unité de masse atomique	$1\text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 931,5\text{ MeV} / c^2$
Constante de Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Charge électrique élémentaire	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}\text{ C}$

Extrait du tableau périodique

Nombre atomique	93	94	95	96	97	98
Elément	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf