

## Epreuve écrite

**Examen de fin d'études secondaires 2013**

**Section: BC**

**Branche: Physique**

**Numéro d'ordre du candidat**

\_\_\_\_\_

**Question 1 Mouvement d'un satellite [1 + 5(3+1+1) + 2 + 2 + 2 + 2 = 14 pts]**

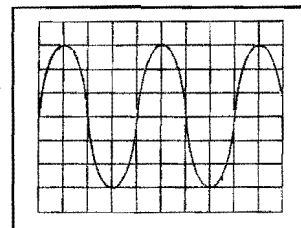
Un des satellites naturels de la planète Jupiter (masse  $M$ , rayon  $R$ ) est Ganymède (masse  $m$ ) qui contourne Jupiter sur une orbite circulaire de rayon  $r$ .

- 1) Indiquer les caractéristiques de la force gravitationnelle exercée par Jupiter sur Ganymède.
- 2) Démontrer que le mouvement de Ganymède est uniforme et exprimer sa vitesse  $v$  et sa période de révolution  $T$  en fonction de  $K$ ,  $r$  et  $M$ .
- 3) Montrer que le rapport  $T^2/r^3$  est constant. Quel est le nom de la loi que ce résultat confirme ?
- 4) On mesure pour la période de révolution de Ganymède  $T = 171,7$  h. En déduire la masse  $M$  de Jupiter. On veut placer autour de Jupiter un satellite artificiel sur une orbite circulaire « jupitérostationnaire ».
- 5) Expliquer ce qu'on entend par une orbite « jupitérostationnaire ».
- 6) Déterminer l'altitude à laquelle devrait évoluer un tel satellite.

**Données :**  $R = 7,144 \cdot 10^4$  km ;  $r = 1,07 \cdot 10^6$  km ;  $T = 171,7$  h ; période de rotation de Jupiter :  $T_j = 9,925$  h

**Question 2 Oscillations électriques [6(3+2+1) + 6(1+1+1+2+1) = 12 pts]**

- a) Établir, à partir d'une considération énergétique, l'équation différentielle d'un circuit LC et montrer que cette équation admet pour solution une fonction de la forme :  $u_C = U_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ . En déduire l'expression de la période propre des oscillations électriques.
- b) L'oscillogramme ci-contre correspond à l'enregistrement de la tension aux bornes du condensateur d'un circuit LC de résistance négligeable. Le condensateur a une capacité  $C = 6,9 \mu\text{F}$ ; l'oscilloscope est réglé sur une sensibilité verticale de 5 V/div et une durée de balayage de 1 ms/div.
  - 1) Déduire de l'oscillogramme la fréquence propre des oscillations électriques.
  - 2) Calculer la valeur numérique de l'inductance.
  - 3) Que vaut l'énergie emmagasinée dans ce circuit ?
  - 4) Calculer la charge initiale du condensateur et l'intensité maximale du courant dans ce circuit.
  - 5) Comment l'oscillogramme serait-il modifié si l'on ajoutait une résistance en série dans ce circuit ?



**Question 3 Ondes progressives / Ondes stationnaires [5(3+2) + 5(2+1+2) = 10 pts]**

- a) Établir l'équation d'une onde sinusoïdale d'amplitude  $Y_m$  et de période  $T$  qui se propage à la célérité  $c$  dans une corde. Déduire de cette équation la périodicité spatiale des ondes progressives.
- b) Dans une expérience de Melde le vibreur, qui excite transversalement une corde en acier de façon sinusoïdale, est réglé à la fréquence  $f = 75$  Hz. La corde, de longueur utile  $\ell = 150$  cm, est tendue à l'aide d'une masse  $m$  fixée à l'autre extrémité de la corde. On observe 6 noeuds pour  $m = 415$  g.
  - 1) Déterminer la longueur d'onde de l'onde observée et calculer sa célérité le long de la corde.
  - 2) Que vaut la masse linéique de la corde? (prendre  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )
  - 3) On veut observer le même nombre de noeuds mais en doublant la tension de la corde. À quelle fréquence le vibreur doit-il alors être réglé ?

**Question 4 L'atome d'hydrogène [5(2+2+1) + 5(3+2) = 10 pts]**

- a) Expliquer que, dans le modèle classique de Rutherford, tous les rayons sont permis pour les orbites électroniques. Énoncer ensuite le premier postulat de Bohr et établir l'expression donnant les rayons des orbites permises en fonction du nombre quantique principal  $n$ .
- b) On donne l'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental :  $E_1 = -13,6 \text{ eV}$
- 1) Quelle est, en J, l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par choc l'excitation d'un atome d'hydrogène à partir de son état fondamental ?
  - 2) Qu'appelle-t-on énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ? Calculer la fréquence de la radiation susceptible d'ioniser l'atome d'hydrogène.

**Question 5 Radioactivité [1 + 4(1+1+1+1) + 2(1+1) + 3 + 2 + 2 = 14 pts]**

Au laboratoire, un appareil destiné à l'étude de la radioactivité utilise une source radioactive de césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$  émettrice des rayonnements  $\beta^-$  et  $\gamma$ . Le temps de demi-vie du césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$  est  $t_{1/2} = 30 \text{ ans}$  et l'activité de la source a pour valeur  $5 \cdot 10^8 \text{ Bq}$  lors de la livraison de l'appareil.

- 1) Qu'appelle-t-on radioactivité ?
  - 2) Écrire l'équation de désintégration du noyau  $^{137}_{55}\text{Cs}$  en la justifiant par les lois de conservation utilisées. Préciser également la nature physique des rayonnements émis ainsi que la cause du rayonnement  $\gamma$ .
  - 3) Expliquer ce qu'on entend par le temps de demi-vie et par l'activité d'un échantillon radioactive.
  - 4) Quelle a été la masse initiale de la source radioactive ?
  - 5) Quelle sera son activité au bout de 20 années ?
  - 6) Après combien de temps l'activité de la source aura-t-elle diminué de 90 % ?
- On prendra pour masse molaire du Cs-137 :  $137 \text{ g/mol}$

extrait du tableau périodique :  $^{53}\text{I}$  ;  $^{54}\text{Xe}$  ;  $^{55}\text{Cs}$  ;  $^{56}\text{Ba}$  ;  $^{57}\text{La}$  ;  $^{58}\text{Ce}$   
iode      xénon      césium      barium      lanthane      cérium

## Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	$N_A$ (ou L)	$6,022 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{ms}^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{Hm}^{-1}$
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{Fm}^{-1}$
Charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	$m_e$	$9,109 \cdot 10^{-31}$ $0,549 \cdot 10^{-3}$ 0,511	kg u $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du proton	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ 1,0073 938,27	kg u $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du neutron	$m_n$	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ 1,0087 939,57	kg u $\text{MeV}/c^2$
Masse au repos d'une particule $\alpha$	$m_\alpha$	$6,6447 \cdot 10^{-27}$ 4,0015 3727,4	kg u $\text{MeV}/c^2$
Constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	Js
Constante de Rydberg	$R_\infty$	$1,097 \cdot 10^7$	$\text{m}^{-1}$
Rayon de Bohr	$r_1$ (ou $a_0$ )	$5,292 \cdot 10^{-11}$	m
Energie de l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental	$E_1$	-13,6	eV

Grandeurs terrestres qui peuvent dépendre du lieu ou du temps	Symbole	Valeur utilisée sauf indication contraire	
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	g	9,81	$\text{ms}^{-2}$
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	$B_h$	$2 \cdot 10^{-5}$	T
Rayon de la Terre	R	6370	km
Masse de la Terre	M	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg

## Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström =  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$   
 1 électronvolt =  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$   
 1 unité de masse atomique =  $1 \text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$