



BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3 heures Date de l'épreuve : 8 novembre 2018

I. Satellite de Neptune (16 points)

La planète Neptune possède plusieurs satellites, dont Triton est un des plus gros. L'orbite de Triton est circulaire autour du centre de Neptune. Dans la suite, on suppose que ces deux corps sont à symétrie sphérique.

- 1) Indiquez sur une figure soignée la force gravitationnelle exercée par Neptune sur Triton. Donnez l'expression vectorielle de cette force. (2 pts)
- 2) Indiquez sur la figure précédente aussi le vecteur accélération du centre d'inertie de Triton, ainsi que son vecteur vitesse. Montrez que le mouvement de Triton autour de Neptune est uniforme, et établissez l'expression littérale de cette vitesse orbitale. (4 pts)
- 3) A partir du résultat précédent, établissez la troisième loi de Kepler. (2 pts)
- 4) La période de révolution de Triton autour de Neptune est de 5,887 jours, et son rayon orbital vaut $3,548 \cdot 10^5$ km. Calculez la masse de Neptune ! (2 pts)
- 5) Sachant que la période propre de Neptune vaut 0,671 jours et que son rayon vaut 24754 km, calculez à quelle altitude on devrait placer un satellite synchrone, c.à.d « neptunostationnaire », autour de Neptune ? (4 pts)
- 6) Commentez l'affirmation suivante, et redressez-la s'il y a lieu :
Une planète deux fois plus éloignée du Soleil que Neptune aura une période de révolution trois fois plus grande que celle-ci. (2 pts)

II. Onde mécanique (16 points)

- 1) Établissez l'équation d'une onde progressive, créée par un mouvement vibratoire sinusoïdal d'une source S, se propageant sans amortissement le long d'une corde. (4 pts)
- 2) Expliquez à l'aide de figures ce que l'on entend par double périodicité d'une onde progressive. (4 pts)

Un vibreur S, relié à une corde de longueur de 10 m et de masse de 400 g, est animé d'un mouvement oscillatoire sinusoïdal vertical de fréquence 50 Hz et d'amplitude 1,5 cm. Cette corde est tendue par une tension de 64 N et on suppose qu'il n'y a pas de réflexion à l'autre extrémité de la corde.

A la date $t = 0$, le vibreur passe par sa position d'équilibre et se déplace vers le bas.

- 3) Donnez l'équation du mouvement du vibreur S avec les valeurs numériques. (2 pts)
- 4) Donnez l'équation du mouvement d'un point M situé à une distance de 2,00 m de la source avec les valeurs numériques. (4 pts)
- 5) Le point M vibre-t-il en phase ou en opposition de phase avec la source ? Motivez votre réponse ? (2 pts)

III. Effet photoélectrique (14 points)

- 1) Définissez ce qu'on entend par effet photoélectrique **(1 pt)**
- 2) Expliquez les raisons pour lesquelles le modèle ondulatoire n'a pu être retenu pour expliquer l'effet photoélectrique. **(2 pts)**
- 3) Énoncez l'hypothèse qui a été émise par Einstein pour interpréter l'effet photoélectrique ? **(2 pts)**
- 4) On éclaire une cathode qui est recouverte de l'un des métaux figurant dans le tableau ci-dessous avec une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 400 \text{ nm}$.

Métal	Travail d'extraction en eV
Cs	1,94
Na	2,28
Zn	4,34
Ni	5,00

- a) Déterminez le métal pour lequel la valeur de l'énergie cinétique des électrons émis est maximale. Motivez votre choix. **(2 pts)**
- b) Calculez la vitesse des électrons émis pour ce métal, ainsi que la longueur d'onde associée à ces électrons. **(5 pts)**
- c) Peut-on augmenter l'énergie cinétique des électrons émis en augmentant l'intensité de la source lumineuse monochromatique utilisée ? Motivez votre réponse ! **(2 pts)**

IV. Physique nucléaire (14 points)

- 1) Établissez la loi de la décroissance radioactive. **(5 pts)**
- 2) Définissez l'activité d'une source radioactive et montrez que cette activité $A(t)$ évolue selon la même loi exponentielle que la loi de décroissance radioactive. **(3 pts)**

Des ossements humains ont été mis à jours lors de fouilles archéologiques et des chercheurs veulent déterminer l'âge de ces ossements par la méthode de datation par le carbone 14.

Dans la nature le carbone existe entre autre sous forme de deux noyaux isotopes ; le carbone 12 qui est stable et le carbone 14 qui est radioactif. Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 qui se transforme en carbone 14 radioactif. La désintégration du carbone 14 donne ensuite de l'azote 14. On sait en outre que la période du carbone 14 est de 5730 ans. Les mesures effectuées ont montré que l'activité initiale du carbone 14 (c.à.d. depuis la mort de l'homme préhistorique) a diminué de 98,5 %.

- 3) Écrivez d'abord l'équation de la réaction correspondant à la formation de carbone 14 dans la haute atmosphère et ensuite l'équation de la désintégration du carbone 14. Donnez les noms des particules émises lors des deux réactions. **(3 pts)**
- 4) Déterminez l'âge des ossements humains découverts. **(3 pts)**

Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	N_A (ou L)	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8,988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2,998 \cdot 10^8$	m s^{-1}
Perméabilité du vide	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	H m^{-1}
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	F m^{-1}
Charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	m_e	$9,1094 \cdot 10^{-31}$ $5,4858 \cdot 10^{-4}$ 0,5110	kg u MeV/c^2
Masse au repos du proton	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ 1,0073 938,27	kg u MeV/c^2
Masse au repos du neutron	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ 1,0087 939,57	kg u MeV/c^2
Masse au repos d'une particule α	m_α	$6,6447 \cdot 10^{-27}$ 4,0015 3727,4	kg u MeV/c^2
Constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	R_H	$1,097 \cdot 10^7$	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	-13,59	eV

Grandeurs liées à la Terre et au Soleil (elles peuvent dépendre du lieu ou du temps)		Valeur utilisée sauf indication contraire	
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	B_h	$2 \cdot 10^{-5}$	T
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	g	9,81	m s^{-2}
Rayon moyen de la Terre	R	6370	km
Jour sidéral	T	86164	s
Masse de la Terre	M_T	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg
Masse du Soleil	M_S	$1,99 \cdot 10^{30}$	kg

Conversion d'unités en usage avec le SI

$$\begin{aligned}
 1 \text{ angström} &= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} \\
 1 \text{ électronvolt} &= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\
 1 \text{ unité de masse atomique} &= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2
 \end{aligned}$$

Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotg} x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotg} x$$

$$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$$

$$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$$

$$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$$

$$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$

$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

$$\operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q}$$

$$\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$$

$$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$$

$$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$

