LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES

Session 2016

ÉPREUVE ÉCRITE 2016-1	**Branche : Physique**
Section(s) : BC	**N° d'ordre du candidat :**
Date de l'épreuve : vendredi 3 juin 2016	**Durée de l'épreuve : 3 heures**

I. Tir d'une balle de golf — 7 + 2 + (2 + 2) + 4 = 17 points

On tire une balle de golf de façon à ce qu'elle atterrisse à 150 m du point de lancement. Le point de lancement et le point d'atterrissage sont situés dans le même plan horizontal.

1) Etablir les équations paramétriques du mouvement de la balle. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.

2) Démontrer que l'expression de la distance maximale d atteinte par la balle en fonction de la vitesse de lancement et de l'angle de tir s'écrit : d = $\frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$

3) La balle est frappée et part avec une vitesse de 180 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Déterminer les deux angles de tir possibles en utilisant la relation trouvée sous 2).

   Comment sont reliées les valeurs de ces angles ? Expliquer.

4) Déterminer, pour chacun de ces deux angles, les temps de vol ainsi que la norme de la vitesse à l'impact.

II. Relativité restreinte — 3 + 2 + 5 + 2 + 1 = 13 points

On accélère un électron initialement au repos à une vitesse de 95% de la vitesse de la lumière dans le vide. Puis on fait passer cet électron par un tube mesurant dans le référentiel du laboratoire 300 m de longueur.

1) Déterminer la différence de potentiel nécessaire à cette accélération.

2) Motiver pourquoi cette différence de potentiel est supérieure à celle qu'on obtiendrait par un calcul classique.

3) Etablir, en se basant sur une expérience par la pensée, l'expression mathématique de la dilatation du temps.

4) Calculer le temps que l'électron met pour traverser le tube dans le référentiel du laboratoire, puis dans le référentiel de l'électron.

5) Déterminer la longueur du tube dans le référentiel de l'électron.

III. Mouvement d'un satellite géostationnaire

(3 + 3) + 2 + <u>2</u> + 2 = 12 points

On place un satellite géostationnaire en orbite circulaire autour de la Terre à une altitude z au-dessus de la surface.

1) Faire l'étude de mouvement du satellite en mouvement circulaire autour de la Terre afin:

   a) de montrer que sa vitesse de révolution est uniforme.

   b) d'établir l'expression de la vitesse de révolution en fonction de son altitude.

2) Etablir l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de son altitude z.

3) Calculer sa vitesse de révolution ainsi que l'altitude à laquelle il évolue.

4) Expliquer pourquoi un satellite géostationnaire ne peut pas passer au-dessus du Luxembourg.

IV. Oscillations et ondes mécaniques

2 + 2 + <u>2</u> + 3 + <u>2</u> + <u>3</u> = 14 points

1) Expliquer la différence entre amplitude et élongation d'une onde.

2) Expliquer la différence entre célérité de l'onde et vitesse d'oscillation d'un point du milieu.

Une pointe vibrante, animée d'un mouvement harmonique de fréquence 25 Hz, frappe une surface d'eau en un point S. Les ondes transversales produites à la surface de l'eau ont une amplitude de 3 mm et se propagent avec une célérité de 20 cm/s. On suppose qu'il n'y a pas d'amortissement. À l'instant t = 0 s, la pointe se trouve en sa position d'équilibre et effectue un mouvement vers le bas.

3) Déterminer l'équation horaire du point S.

4) Établir l'expression de l'équation d'onde.

5) Déterminer l'équation horaire d'un point M situé à 12 cm de S.

6) Soit N un point situé sur la droite SM. À quelle distance de M se trouve ce point N s'il est le point le plus proche de M qui vibre en opposition de phase avec S ?

V. Fusion nucléaire

1 + 1 + <u>2</u> = 4 points

On étude la réaction de fusion nucléaire : tritium + deutérium -> particule alpha + X

1) Ecrire l'équation bilan de la réaction de fusion et préciser le nom de X

2) Expliquer pourquoi le deutérium et le tritium sont considérés comme isotopes.

3) Déterminer l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de tritium et d'un noyau de deuterium en J et MeV.

On donne les masses nucléaires suivantes :

proton: 1,007 276 u	deutérium : 2,013 451 u	tritium : 3,016 049 u
hélium-3 : 3,014 933 u	hélium-4 : 4,001 502 u	neutron : 1,008 655

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	$J\,K^{-1}\,mol^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6{,}673 \cdot 10^{-11}$	$N\,m^2\,kg^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	$8{,}988 \cdot 10^{9}$	$N\,m^2\,C^{-2}$
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	$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8{,}854 \cdot 10^{-12}$	$F\,m^{-1}$
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

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

Tableau périodique des éléments

I	II	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA			IA	IIA	III	IV	V	VI	VII	VIII
1,0 H 1																	4,0 He 2
6,9 Li 3	9,0 Be 4											10,8 B 5	12,0 C 6	14,0 N 7	16,0 O 8	19,0 F 8	20,2 Ne 10
23,0 Na 11	24,3 Mg 12											27,0 Al 13	28,1 Si 14	31,0 P 15	32,1 S 16	35,5 Cl 17	39,9 Ar 18
39,1 K 19	40,1 Ca 20	45,0 Sc 21	47,9 Ti 22	50,9 V 23	52,0 Cr 24	54,9 Mn 25	55,8 Fe 26	58,9 Co 27	58,7 Ni 28	63,5 Cu 29	65,4 Zn 30	69,7 Ga 31	72,6 Ge 32	74,9 As 33	79,0 Se 34	79,9 Br 35	83,8 Kr 36
85,5 Rb 37	87,6 Sr 38	88,9 Y 39	91,2 Zr 40	92,9 Nb 41	95,9 Mo 42	(98,6) Tc 43	101,1 Ru 44	102,9 Rh 45	106,4 Pd 46	107,9 Ag 47	112,4 Cd 48	114,8 In 49	118,7 Sn 50	121,8 Sb 51	127,6 Te 52	126,9 I 53	131,3 Xe 54
132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	138,9 La 57	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,9 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	(209) Po 84	(210) At 85	(222) Rn 86
(223) Fr 87	226,0 Ra 88	227,0 Ac 89	(261) Rf 104	(262) Ha 105	(263) Sg 106												

140,1 Ce 58	140,9 Pr 59	144,2 Nd 60	(145) Pm 61	150,4 Sm 62	152,0 Eu 63	157,3 Gd 64	158,9 Tb 65	162,5 Dy 66	164,9 Ho 67	167,3 Er 68	168,9 Tm 69	173,0 Yb 70	175,0 Lu 71
232,0 Th 90	231,0 Pa 91	238,0 U 92	237,0 Np 93	(244) Pu 94	(243) Am 95	(247) Cm 96	(247) Bk 97	(251) Cf 98	(254) Es 99	(257) Fm 100	(258) Md 101	(259) No 102	(260) Lr 103

Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \qquad \sin^2 x = \frac{\tan^2 x}{1+\tan^2 x} \qquad 1+\tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

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

$$\sin(\pi - x) = \sin x \qquad \sin(\pi + x) = -\sin x \qquad \sin(-x) = -\sin x$$

$$\cos(\pi - x) = -\cos x \qquad \cos(\pi + x) = -\cos x \qquad \cos(-x) = \cos x$$

$$\tan(\pi - x) = -\tan x \qquad \tan(\pi + x) = \tan x \qquad \tan(-x) = -\tan x$$

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

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

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotan} x \qquad \tan\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotan} x$$

$$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$$

$$\sin(x-y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$$

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

$$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

$$\cos(x-y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

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

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

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x \qquad 2\sin^2 x = 1 - \cos 2x$$

$$\sin 2x = \frac{2\tan x}{1+\tan^2 x} \qquad \cos 2x = \frac{1-\tan^2 x}{1+\tan^2 x} \qquad \tan 2x = \frac{2\tan x}{1-\tan^2 x}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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