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 CLASSIQUES
2019

BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE	
Physique	**B,C**	*Durée de l'épreuve :*	*3 heures*
		Date de l'épreuve :	*06 juin 2019*

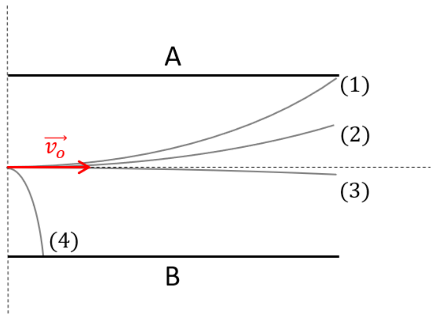
Question I : Mouvement dans le champ de pesanteur (15p)

Lors d'une cascade, un snowboarder de masse m saute au-dessus d'une route d'une largeur $HH' = 10$ m. Il s'élance au point A et atterrit en douceur au point B. On donne $HA = 4$ m, $H'B = 1$ m et $\alpha = 26°$.

1. Établir, dans un repère approprié, les équations horaires du mouvement (position et vitesse) du snowboarder considéré comme une masse ponctuelle. On néglige les frottements. (6)
2. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire du snowboarder. (1)
3. Calculer la vitesse initiale qui permet au snowboarder d'atterrir au point B. (2)
4. En supposant une vitesse initiale de 8,86 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, déterminer la hauteur maximale atteinte lors du saut par rapport à la route. (3)
5. La réception au point B se fait en douceur si le vecteur vitesse ne subit pas de changement de direction lors de l'atterrissage, c'est-à-dire si l'inclinaison du vecteur vitesse lors de l'impact équivaut à l'inclinaison de la piste. Sous quel angle β doit-on préparer la zone de réception ? (3)

Question II : Mouvement de particules chargées (4+9=13p)

A. On étudie le mouvement de différentes particules chargées qui pénètrent successivement avec une même vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ entre les plaques chargées d'un condensateur plan AB.



1. Ecrire l'expression du vecteur accélération d'une particule de masse m et de charge q qui se trouve dans un champ électrique uniforme $\overrightarrow{E}$. (1)
2. Associer les trajectoires (1), (2), (3) et (4) aux particules suivantes : ion Cl^-, particule α, proton, électron. Justifier brièvement. (3)

B. On injecte des protons avec une vitesse négligeable entre les dés d'un cyclotron de rayon $R = 2{,}5$ m.

1. Expliquer le principe de fonctionnement du cyclotron. Figure demandée. (5)
2. Le champ magnétique étant fixé à $B = 20$ mT, calculer la vitesse atteinte par les protons à la sortie du dispositif. (2)
3. Pourquoi peut-on calculer cette vitesse sans prendre en compte la valeur de la tension électrique entre les dés ? Expliquer brièvement. (2)

Question III : Vibrations et ondes (15p)

On considère un vibreur, dont la pointe, notée S, effectue un mouvement harmonique décrit par l'équation :

$$y_S(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi)$$

La pointe du vibreur est reliée à l'extrémité d'une corde. Une onde transversale de célérité c prend naissance et se propage sans amortissement à travers la corde à partir de l'instant $t = 0$.

1. Établir l'équation de l'onde progressive dans la corde. Justifier le développement mathématique. (4)

On règle le vibreur sur une fréquence de 50 Hz. La pointe S balaye un segment de droite de 4 cm de longueur. À l'instant $t = 0$, le vibreur passe par sa position d'équilibre en se déplaçant dans le sens des y positifs.

2. Comment appelle-t-on les paramètres Y_m, ω, et φ ? Déterminer leurs valeurs numériques. (4)

La corde a une masse linéaire de $4\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}}$ et elle est tendue par une force de 2,5 N.

3. Calculer la longueur d'onde. (1)
4. À quel instant, le point M d'abscisse $x = 1$ m passe-t-il pour la première fois par la position $y = 2$ cm ? On rappelle que l'onde prend naissance à l'instant $t = 0$. (3)

L'autre extrémité de la corde est fixée au point P de sorte que la longueur utile de la corde vaut SP = 3 m. Arrivée à l'extrémité fixe, l'onde incidente est réfléchie et il se forme une onde stationnaire dans la corde.

5. Combien de fuseaux observe-t-on ? (1)
6. Vrai ou faux ? Justifier ! (2)
   « Dans les mêmes conditions, une corde de masse linéaire quatre fois plus petite aurait produit deux fois plus de fuseaux. »

Question IV : Radioactivité (9p)

Le polonium ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$ a pour constante radioactive $\lambda = 5{,}8 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{s}^{-1}$ et sa masse atomique est égale à 209,98 u.

1. Établir la relation entre la demi-vie $T_{1/2}$ et la constante radioactive λ. (2)
2. Calculer la demi-vie du ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$ (en secondes et en jours). (1)
3. On considère un échantillon contenant initialement N_0 noyaux de ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$. Indiquer le nombre de noyaux ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$ qui en restent aux instants $2T_{1/2}$, $3T_{1/2}$, $4T_{1/2}$. Tracer la courbe de décroissance et donner le nom de la fonction mathématique qui décrit le phénomène en question. (3)
4. On considère un second échantillon contenant initialement 1,5 mg de ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$. Déterminer l'activité de cet échantillon au bout de 10 jours. (3)

Question V : Dualité onde-particule (8p)

1. Schématiser et annoter le dispositif d’une expérience qui met en évidence :
   a. le caractère ondulatoire de la lumière, (2)
   b. le caractère corpusculaire de la lumière. (2)
2. Un électron a une énergie cinétique égale à son énergie au repos. Calculer sa longueur d’onde. (4)

Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	N_A (ou L)	$6{,}022\cdot10^{23}$	mol^{-1}
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6{,}673\cdot10^{-11}$	$N\ m^2\ kg^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	$8{,}988\cdot10^{9}$	$N\ m^2\ C^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2{,}998\cdot10^{8}$	$m\ s^{-1}$
Perméabilité du vide	μ_0	$4\pi\cdot10^{-7}$	$H\ m^{-1}$
Permittivité du vide	$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8{,}854\cdot10^{-12}$	$F\ m^{-1}$
Charge élémentaire	e	$1{,}602\cdot10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	m_e	$9{,}1094\cdot10^{-31}$ $5{,}4858\cdot10^{-4}$ 0,5110	kg u MeV/c^2
Masse au repos du proton	m_p	$1{,}6726\cdot10^{-27}$ 1,0073 938,27	kg u MeV/c^2
Masse au repos du neutron	m_n	$1{,}6749\cdot10^{-27}$ 1,0087 939,57	kg u MeV/c^2
Masse au repos d'une particule α	m_α	$6{,}6447\cdot10^{-27}$ 4,0015 3727,4	kg u MeV/c^2
Constante de Planck	h	$6{,}626\cdot10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	R_H	$1{,}097\cdot10^{7}$	m^{-1}
Rayon de Bohr	r_1 (ou a_0)	$5{,}292\cdot10^{-11}$	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	$2\cdot10^{-5}$	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	$5{,}98\cdot10^{24}$	kg
Masse du Soleil	M_S	$1{,}99\cdot10^{30}$	kg

Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström = 1 $\overset{\circ}{A}$ = 10^{-10} m
1 électronvolt = 1 eV = $1{,}602\cdot10^{-19}$ J
1 unité de masse atomique = 1 u = $1{,}6605\cdot10^{-27}$ kg = 931,49 MeV/c^2

Formules trigonométriques

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

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

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

$$\begin{aligned} \sin\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) &= \sin x \\ tg\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) &= cotg\, x \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \sin\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) &= -\sin x \\ tg\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) &= -cotg\, x \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

http://www.ktf-split.hr/periodni/fr/

NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'IUPAC (1985) — 13

NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986) — IIIA

NOMBRE ATOMIQUE — 5

MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1) — 10.811

SYMBOLE — **B**

NOM DE L'ÉLÉMENT — BORE

PÉRIODE \ GROUPE	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 **H** HYDROGÈNE																	2 4.0026 **He** HÉLIUM
2	3 6.941 **Li** LITHIUM	4 9.0122 **Be** BÉRYLLIUM											5 10.811 **B** BORE	6 12.011 **C** CARBONE	7 14.007 **N** AZOTE	8 15.999 **O** OXYGÈNE	9 18.998 **F** FLUOR	10 20.180 **Ne** NÉON
3	11 22.990 **Na** SODIUM	12 24.305 **Mg** MAGNÉSIUM											13 26.982 **Al** ALUMINIUM	14 28.086 **Si** SILICIUM	15 30.974 **P** PHOSPHORE	16 32.065 **S** SOUFRE	17 35.453 **Cl** CHLORE	18 39.948 **Ar** ARGON
4	19 39.098 **K** POTASSIUM	20 40.078 **Ca** CALCIUM	21 44.956 **Sc** SCANDIUM	22 47.867 **Ti** TITANE	23 50.942 **V** VANADIUM	24 51.996 **Cr** CHROME	25 54.938 **Mn** MANGANÈSE	26 55.845 **Fe** FER	27 58.933 **Co** COBALT	28 58.693 **Ni** NICKEL	29 63.546 **Cu** CUIVRE	30 65.39 **Zn** ZINC	31 69.723 **Ga** GALLIUM	32 72.64 **Ge** GERMANIUM	33 74.922 **As** ARSENIC	34 78.96 **Se** SÉLÉNIUM	35 79.904 **Br** BROME	36 83.80 **Kr** KRYPTON
5	37 85.468 **Rb** RUBIDIUM	38 87.62 **Sr** STRONTIUM	39 88.906 **Y** YTTRIUM	40 91.224 **Zr** ZIRCONIUM	41 92.906 **Nb** NIOBIUM	42 95.94 **Mo** MOLYBDÈNE	43 (98) **Tc** TECHNÉTIUM	44 101.07 **Ru** RUTHÉNIUM	45 102.91 **Rh** RHODIUM	46 106.42 **Pd** PALLADIUM	47 107.87 **Ag** ARGENT	48 112.41 **Cd** CADMIUM	49 114.82 **In** INDIUM	50 118.71 **Sn** ETAIN	51 121.76 **Sb** ANTIMOINE	52 127.60 **Te** TELLURE	53 126.90 **I** IODE	54 131.29 **Xe** XÉNON
6	55 132.91 **Cs** CÉSIUM	56 137.33 **Ba** BARYUM	57-71 **La-Lu** Lanthanides	72 178.49 **Hf** HAFNIUM	73 180.95 **Ta** TANTALE	74 183.84 **W** TUNGSTÈNE	75 186.21 **Re** RHÉNIUM	76 190.23 **Os** OSMIUM	77 192.22 **Ir** IRIDIUM	78 195.08 **Pt** PLATINE	79 196.97 **Au** OR	80 200.59 **Hg** MERCURE	81 204.38 **Tl** THALLIUM	82 207.2 **Pb** PLOMB	83 208.98 **Bi** BISMUTH	84 (209) **Po** POLONIUM	85 (210) **At** ASTATE	86 (222) **Rn** RADON
7	87 (223) **Fr** FRANCIUM	88 (226) **Ra** RADIUM	89-103 **Ac-Lr** Actinides	104 (261) **Rf** RUTHERFORDIUM	105 (262) **Db** DUBNIUM	106 (266) **Sg** SEABORGIUM	107 (264) **Bh** BOHRIUM	108 (277) **Hs** HASSIUM	109 (268) **Mt** MEITNERIUM	110 (281) **Uun** UNUNNILIUM	111 (272) **Uuu** UNUNUNIUM	112 (285) **Uub** UNUNBIUM		114 (289) **Uuq** UNUNQUADIUM				

Lanthanides

6														
57 138.91 **La** LANTHANE	58 140.12 **Ce** CÉRIUM	59 140.91 **Pr** PRASÉODYME	60 144.24 **Nd** NÉODYME	61 (145) **Pm** PROMÉTHIUM	62 150.36 **Sm** SAMARIUM	63 151.96 **Eu** EUROPIUM	64 157.25 **Gd** GADOLINIUM	65 158.93 **Tb** TERBIUM	66 162.50 **Dy** DYSPROSIUM	67 164.93 **Ho** HOLMIUM	68 167.26 **Er** ERBIUM	69 168.93 **Tm** THULIUM	70 173.04 **Yb** YTTERBIUM	71 174.97 **Lu** LUTÉTIUM

Actinides

7														
89 (227) **Ac** ACTINIUM	90 232.04 **Th** THORIUM	91 231.04 **Pa** PROTACTINIUM	92 238.03 **U** URANIUM	93 (237) **Np** NEPTUNIUM	94 (244) **Pu** PLUTONIUM	95 (243) **Am** AMÉRICIUM	96 (247) **Cm** CURIUM	97 (247) **Bk** BERKÉLIUM	98 (251) **Cf** CALIFORNIUM	99 (252) **Es** EINSTEINIUM	100 (257) **Fm** FERMIUM	101 (258) **Md** MENDELÉVIUM	102 (259) **No** NOBÉLIUM	103 (262) **Lr** LAWRENCIUM

(1) Pure Appl. Chem., **73**, No. 4, 667-683 (2001)
La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.
Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

Editor: Michel Ditria