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

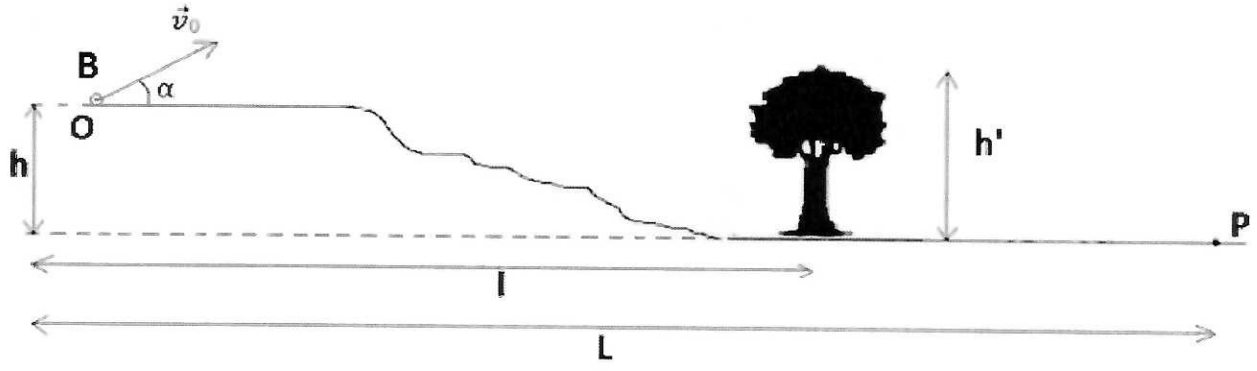
EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES
Sessions 2022

DISCIPLINE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE	
Physique	CB / CC	*Date de l'épreuve :*	21.09.22
		Durée de l'épreuve :	08:15 - 11:25
		Numéro du candidat :	

Partie obligatoire			
Question	**Nb points**	**Sujet**	**Obligatoire**
A	17	Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme	x
B	16	Oscillateur et ondes	x
C	16	Petites questions de physique nucléaire	x
Partie au choix **Choisissez 1 question parmi les 2 suivantes et indiquez votre choix avec un x**			
Question	**Nb points**	**Sujet**	**Choix du candidat**
D	11	Effet photoélectrique	
E	11	États énergétiques quantifiés	

A. Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme (17 pts)

Un golfeur frappe sa balle à partir d'un point O que l'on prendra comme origine pour étudier la trajectoire jusqu'à un point d'impact P comme indiqué sur le schéma ci-dessous. La balle part du point O avec un vecteur vitesse $\vec{v}_o$ et faisant un angle α = 16° avec l'horizontale. On assimilera la balle à un point matériel B et on négligera les frottements. (Le schéma ci-dessous n'est pas à l'échelle)



1. Établir l'expression de l'accélération ainsi que les équations horaires du mouvement de la balle entre le point O et le point d'impact P. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de la balle. **(1 + 5 + 1 pts)**

2. Déterminer la norme de $\vec{v}_0$ afin que la balle touche le sol au point d'impact P se trouvant à une distance horizontale L = 130 m et une distance verticale h = 1,40 m du point O. **(2 pts)**

On suppose qu'à partir de maintenant la norme de la vitesse initiale est v_o = 48 m/s.

3. Calculer la hauteur maximale atteinte par la balle par rapport au point O. **(3 pts)**

4. Calculer la norme de la vitesse $\vec{v}_1$ avec laquelle la balle arrive au point P, puis argumenter par exemple à partir d'une considération énergétique, pourquoi la vitesse v_1 au point P est supérieure à la vitesse v_0 au point O. **(1 + 2 pts)**

5. À une distance horizontale l = 90 m de O et en direction de P se trouve un arbre de hauteur h' = 8,12 m. Calculer la distance verticale d à laquelle la balle passe au-dessus de l'arbre. **(2 pts)**

B. Oscillateur et ondes (16 pts)

Un chariot de masse m = 200 g est fixé à un ressort de raideur k. Le chariot se déplace sur un banc à coussin d'air horizontalement **suivant un axe x horizontal**. Les frottements sont négligeables. L'origine des abscisses coïncide avec la position du centre d'inertie G du chariot lorsque le ressort est détendu. L'origine des dates correspond au passage de G en x = 0,3 m. Son équation horaire est $x(t) = 0{,}3 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ et on mesure 10 oscillations complètes en 4 s.
1. Déterminer la pulsation, la raideur du ressort ainsi que la phase initiale. **(1 + 1 + 1 pts)**

Pour la suite, on modifie la situation initiale et on change la masse du chariot afin que son équation horaire soit :

$$x(t) = 0{,}3 \cdot \sin(3 \cdot t + \pi) \qquad \text{en unité S.I.}$$

2. Calculer la vitesse du chariot après 4 s. **(2 pts)**

3. À quelle date le centre d'inertie G passe-t-il la première fois en x = 0,2 m ? **(3 pts)**

On attache une longue corde au chariot de telle façon qu'elle pende verticalement **vers le bas suivant un axe y** et de telle façon que le centre d'inertie G du chariot se comporte comme une source S créant ainsi une onde mécanique progressive le long de la corde.

4. L'onde créée se propageant dans la corde est-elle une onde longitudinale ou une onde transversale ? Motiver votre réponse. **(1 + 1 pts)**

5. Établir l'équation d'onde $x(y;t)$. **(5 pts)**

6. On constate que la longueur d'onde vaut λ = 0,80 m. En déduire l'élongation x d'un point M de la corde situé à 0,2 m de la source S après 5 s. **(1 pt)**

C. Petites questions de physique nucléaire (16 pts)

1. Citer les noms des 4 types de désintégration radioactive. **(1 pt)**

2. Lors d'une désintégration du phosphore en silicium, on obtient la réaction suivante :

$$^{30}_{15}P \longrightarrow {}^{0}_{1}\overline{e} + {}^{0}_{0}\nu + {}^{30}_{14}Si^{*}$$

a. De quel type de désintégration s'agit-il ? **(1 pt)**

b. Que représentent $\bar{e}$, ν et l'astérisque accolé au silicium *Si* ? **(2 pts)**

c. Décrire par une phrase ce qui se passe durant cette désintégration au niveau du noyau atomique du phosphore *P* puis écrire l'équation correspondante. **(2 + 1 pts)**

3. Établir la loi de la décroissance radioactive. **(5 pts)**

4. Le technétium 99m (m signifie métastable) est un radionucléide souvent utilisé lors des examens de médecine nucléaire et dont la demi-vie est $t_{1/2}$ = 6h et 20s. La masse atomique du technétium 99m est 98,90 u.

a. Calculer l'activité initiale de 1μg de technétium 99m. **(2 pts)**

b. Après combien de temps, l'activité de l'échantillon n'est plus que de 20% par rapport à l'activité initiale ? **(2 pts)**

D. Effet photoélectrique (11 pts)

1. Décrire l'expérience de l'effet photoélectrique. **(3 pts)**

2. Énoncer l'hypothèse formulée par Albert Einstein concernant le modèle corpusculaire de la lumière. **(2 pts)**

3. Un expérimentateur illumine une plaque métallique à l'aide d'un rayonnement monochromatique de longueur d'onde λ = 300 nm.

a. Expliquer si ce rayonnement est dans le domaine du visible ou non. **(1 pt)**

b. Sachant que la plaque métallique est une plaque en lithium dont le travail d'extraction est de 2,90 eV, calculer la vitesse maximale des électrons émis. **(3 pts)**

c. On augmente maintenant la puissance *P* de la lumière sans en modifier la fréquence. La vitesse maximale des électrons émis est-elle modifiée. Motiver votre réponse. **(2 pts)**

E. États énergétiques quantifiés (11 pts)

1. Énoncer les deux postulats de Bohr permettant d'expliquer l'existence de spectres discontinus au sein de l'atome d'hydrogène ainsi que sa stabilité. **(2 + 2 pts)**

2. Calculer l'énergie et la longueur d'onde nécessaire pour faire passer un électron du niveau n = 2 vers le niveau n = 4 de l'atome d'hydrogène, n étant le nombre quantique principal. **(2 + 1pts)**

3. Combien de photons de fréquence différente peuvent apparaître lorsqu'un électron qui est initialement sur le niveau n = 3 d'un atome se retrouve sur le niveau n = 1 ? Motiver votre réponse sans calcul. Parle-t-on alors d'émission ou d'absorption ? **(3 + 1 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	$J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
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 $= 931{,}49\ MeV/c^2$