



BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B et C	Durée de l'épreuve 3 heures
		Date de l'épreuve 13. 06. 2017
		Numéro du candidat

A. Mouvement dans le champ de pesanteur \vec{g}

(2+5+(2+3)=12 points)

Un bombardier part en O d'un porte-avion immobile avec une vitesse horizontale de $180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. À ce moment le pilote actionne par erreur son siège éjectable alors qu'il se trouve 25,0 m au-dessus de l'eau. Il est propulsé verticalement en l'air par rapport au bombardier avec une vitesse initiale de $90,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Malheureusement, son parachute ne s'est pas ouvert pendant le vol. Dans la suite, on assimilera le pilote à une masse ponctuelle et on négligera les frottements.

1. Indiquer, sur une figure soignée, la trajectoire du pilote ainsi que le vecteur vitesse à l'origine, au sommet de la trajectoire et au point d'impact dans l'eau.
2. Établir algébriquement les équations horaires du mouvement du pilote et en déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.
3. Calculer
 - a. l'intensité de la vitesse \vec{v}_0 et son angle formé avec l'horizontale;
 - b. l'abscisse du point d'impact et la hauteur maximale atteinte.

B. Spectrographe de masse sans filtre de vitesse

(3+2+(2+3)+1+1=12 points)

1. Dessiner la trajectoire suivie par un ion positif dans les différentes chambres d'un spectrographe de masse et y représenter les vecteurs champs et les vecteurs forces qui influencent le mouvement de l'ion.
2. Montrer que le rayon de la trajectoire des ions est proportionnel à la racine carrée de la tension accélératrice.
3. A l'intérieur d'un spectrographe de masse, des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ et $^{70}\text{Zn}^{2+}$, initialement au repos, sont d'abord accélérés sous une tension de 1000 V, puis déviés selon une demi-circonférence par un champ magnétique \vec{B} . Le point d'impact des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ sur le détecteur se trouve 53,10 cm de l'endroit où ils pénètrent dans la cavité hémicylindrique. Calculer
 - a. l'intensité du champ magnétique qui règne dans la cavité hémicylindrique;
 - b. la distance d séparant les points d'impact des deux types d'ions sur le détecteur.
4. Vrai ou faux? Justifier.
Dans le champ magnétique, le mouvement de l'ion est accéléré.
5. Expliquer les démarches à réaliser pour utiliser ce spectrographe de masse pour des ions négatifs.

C. Interférences lumineuses

(3+2+1+(3+1)+2=12 points)

L'expérience des fentes de Young est réalisée dans le vide avec une source de lumière monochromatique placée devant une plaque opaque percée de deux fentes parallèles. Les centres O_1 et O_2 des deux fentes sont espacés d'une distance $a = 0,030$ cm. Un écran est placé parallèlement à la plaque opaque à une distance $D = 50,0$ cm de celle-ci. Un point M de l'écran est repéré à l'aide son abscisse x , l'origine de l'axe (Ox) étant le point d'intersection de la médiatrice O_1O_2 avec l'écran.

1. Établir l'expression de la différence de marche δ en fonction de la distance a , la distance D ($D \gg a$) et l'abscisse x ($x \ll D$) du point M.
2. Déterminer la position des maxima sur l'écran et en déduire l'expression pour l'interfrange i .
3. Définir *interfrange*.
4. Sur l'écran, les milieux de 10 franges brillantes sont séparés d'un centimètre. Calculer
 - a. la longueur d'onde (en nm) et la fréquence de la lumière utilisée;
 - b. la différence de marche pour la 5^e frange brillante, sachant que la frange centrale correspond à la première frange brillante.
5. Si on répétait la même expérience sous l'eau, en quoi cela modifierait-il la figure d'interférence? Justifier.

D. Dualité onde-corpuscule

(1+2+2+(1+3+1)+2=12 points)

1. Expliquer brièvement ce qu'est l'effet photoélectrique.
2. Définir *travail d'extraction* et *fréquence de seuil*.
3. Enoncer l'hypothèse d'Einstein du modèle corpusculaire de la lumière !
4. Le travail d'extraction du potassium est de 2,24 eV. On illumine le potassium à l'aide d'une lumière d'une longueur d'onde de 350 nm. Calculer
 - a. la quantité de mouvement d'un photon;
 - b. la vitesse maximale des électrons émis;
 - c. la longueur d'onde de seuil pour l'effet photoélectrique de ce métal.
5. Décrire une observation de l'expérience de Hertz qui montre que cette expérience n'est pas en accord avec le modèle ondulatoire de la lumière. Expliquer.

E. Radioactivité

(1+5+2+3+1=12 points)

Une source radioactive de césium $^{137}_{55}\text{Cs}$ émet des rayonnements β^+ et γ . Un échantillon de cet isotope a une masse de 7,8 μg et la demi-vie de l'isotope vaut 30,8 s.

1. Préciser la nature des rayonnements émis ainsi que la cause du rayonnement γ .
2. Établir la loi de décroissance radioactive et tracer l'allure de la courbe de décroissance.
3. Écrire l'équation de désintégration β^+ du noyau $^{137}_{55}\text{Cs}$ en la justifiant par les lois de conservation utilisées.
4. Calculer le nombre de noyaux ainsi que l'activité de l'échantillon après 2 min.
5. Vrai ou faux? Justifier.

Après 92,4 s l'activité de la source a diminué de 87,5 %.

Formules trigonométriques

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ $\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad \sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x} \qquad 1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$		
$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$
$\begin{aligned} \sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \sin x \\ \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) &= \operatorname{cotg} x \end{aligned}$	$\begin{aligned} \sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= \cos x \\ \cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= -\sin x \\ \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) &= -\operatorname{cotg} x \end{aligned}$	
$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \end{aligned}$		$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$
$\begin{aligned} \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$		$\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$
$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x & 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x & 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$		
$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$	$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$	$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$		$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$
$\begin{aligned} \sin p + \sin q &= 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2} \\ \sin p - \sin q &= 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2} \\ \cos p + \cos q &= 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2} \\ \cos p - \cos q &= -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2} \end{aligned}$		
		$\begin{aligned} \operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q &= \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q} \\ \operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q &= \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q} \end{aligned}$
$\begin{aligned} \sin x \cos y &= \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)] \\ \cos x \cos y &= \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)] \\ \sin x \sin y &= \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)] \end{aligned}$		

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

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	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$