

Epreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2015

Section: B,C

Branche: Physique

20/15-1

Numéro d'ordre du candidat

I. Mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur

(16 points)

Lors d'une épreuve de lancer du marteau en athlétisme, une boule d'acier de masse 7,26 kg est mise en mouvement par le lanceur et puis lâchée après plusieurs rotations. Le mouvement de l'engin peut, avec une très bonne approximation, être assimilée au mouvement du centre de masse de la boule. La résistance de l'air peut être négligée.

La boule est lâchée à l'instant $t=0$ lorsqu'elle se trouve à une hauteur de 2,0 m au-dessus du niveau (horizontal) du terrain de sport, à une vitesse de 25,5 m/s. La vitesse initiale \vec{v}_0 du mobile fait un angle de 43° (vers le haut) avec l'horizontale.

- a) Faire une figure et déterminer le vecteur accélération de la boule au cours de son vol. Etablir les équations paramétriques (position et vitesse) du mouvement dans un repère approprié et en déduire l'équation cartésienne de la trajectoire. (8)
- b) Calculer le temps de vol et déterminer l'abscisse du point d'impact du marteau sur le sol. (4)
- c) Quelle est la hauteur maximale atteinte par la boule dans sa trajectoire ? (2)
- d) Quelle devrait-être l'intensité de la vitesse initiale de la boule pour atteindre une distance (abscisse) de 80 m, l'angle formé par la vitesse initiale \vec{v}_0 et l'horizontale restant inchangé. (2)

II. Ondes mécaniques

(12 points)

1. Etablir l'équation d'une onde progressive se propageant sans amortissement dans le sens positif d'un axe Ox. (6)

2. Une corde est tendue avec une force d'intensité 0,64 N. Sa masse linéique vaut 10 g/m. Une extrémité de la corde (supposée très longue) est fixée à un vibreur envoyant des ondes transversales à travers la corde.

L'équation du mouvement d'un point M de la corde s'écrit : $y_M(t) = y_{\max} \sin(50\pi t + \frac{\pi}{2})$.

- a) Trouver l'équation du mouvement d'un point N de la même corde se trouvant à 2,4 m de M. Donner cette équation sous une forme simplifiée ! (3)
- b) Quel phénomène peut se produire si la corde n'est pas « infiniment » longue mais tendue entre deux bornes ? Justifier la réponse ! (2)
- c) A quelle(s) distance(s) faut-il placer les bornes pour observer le phénomène de la question précédente avec notre corde ? (1)

III. Petites questions

(10 points)

1. Soient S_1 et S_2 deux sources cohérentes émettant des ondes circulaires dans un milieu à 2 dimensions. Quelle condition ces sources doivent-elles remplir pour que sur la médiatrice du segment $[S_1 S_2]$ se trouve une frange d'interférences destructives ? Justifier la réponse ! (3)
2. Quelle modification le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène subirait-il si l'énergie de cet atome n'était pas quantifiée ? Justifier la réponse ! (3)
3. Dans un spectrographe de masse, une particule de charge q et de masse m est accélérée, à partir du repos, par une tension U . Soit r le rayon de sa trajectoire dans le champ magnétique uniforme d'intensité B . A-t-on :
 - a) r est proportionnel à m ,
 - b) r est proportionnel à la racine carrée de m ou
 - c) aucune de ces réponses ?Justifier votre choix ! (4)

IV. Dualité onde-corpuscule

(7 points)

Une source lumineuse monochromatique émet un faisceau de lumière de longueur d'onde 560 nm et de puissance 80mW.

- a) Calculer l'énergie d'un photon du faisceau. (1)
- b) Combien de photons sont émis par seconde ? Quelle est la quantité de mouvement d'un photon ? (3)
- c) Cette lumière éclaire une couche métallique et provoque un effet photoélectrique. La vitesse maximale des électrons émis peut être mesurée à 290 km/s. Calculer le travail d'extraction de ce métal en eV, ainsi que la longueur d'onde seuil pour l'effet photoélectrique de ce métal. (3)

V. Désintégration de noyaux et de particules.

(15points)

1. Etablir la loi de désintégration radioactive. Définir la demi-vie et déduire la relation entre la demi-vie et la constante de désintégration. (8)
2. Exercice : Désintégration de pions.

La masse (au repos) des pions positifs (π^+) est égale à $140 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ et la demi-vie dans un référentiel où ils sont au repos est de $1,8 \cdot 10^{-8}$ s. Une source émet des pions d'une énergie cinétique 600 MeV.

- a) Calculer la vitesse des pions. (calcul relativiste) (4)
- b) Calculer la demi-vie des pions dans le référentiel du laboratoire. (1)
- c) Quel pourcentage des pions atteint un détecteur situé à 20 m de la source ? (2)

Formules trigonométriques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

