

Epreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2015

Section: B,C

Branche: Physique

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 80 mW .

- 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.

(15 points)

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 $1,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}$. 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	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

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

PÉRIODE

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

Lanthanides

Copyright © 1998-2002 EniG. (eni@ktf-split.hr)

(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.

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

Actinides

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