



DISCIPLINE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE	
Physique	Cl	Date de l'épreuve :	23.09.22
		Durée de l'épreuve :	08:15 - 10:55
		Numéro du candidat :	

Partie obligatoire

Question	Nb points	Sujet	Obligatoire
1	14	Mouvement dans le champ de pesanteur	X
2	10	Oscillateur mécanique horizontal	X
3	8	Interférences	X
4	8	Relativité restreinte	X
5	10	Réactions nucléaires	X

Partie au choix

Choisissez 1 question parmi les 2 questions suivantes et indiquez votre choix avec un X.

Question	Nb points	Sujet	Choix du candidat
6.A.	10	Dualité onde-corpuscule	
6.B.	10	Atome d'hydrogène	

1. Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme (6+3+5=14 points)

Pendant un match de tennis, un joueur frappe la balle avec sa raquette à $z_0 = 1,50$ m du sol sous un angle de $\alpha = 5^\circ$ avec l'horizontale en lui communiquant une vitesse de $v_0 = 180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Tous frottements sont à négliger.

- 1.1 Etablir les équations horaires et l'équation cartésienne de la trajectoire de la balle.
T (6 points)
- 1.2 Calculer la distance verticale entre la balle et le filet si le filet a 1 m de hauteur et si la distance horizontale entre le point de lancement et le filet est de 11,90 m.
E (3 points)
- 1.3 Vérifier par un calcul si la balle touchera la surface du terrain.
Sachant que la distance horizontale entre le point de lancement et la ligne de fond opposée est de 23,80 m.
E (5 points)

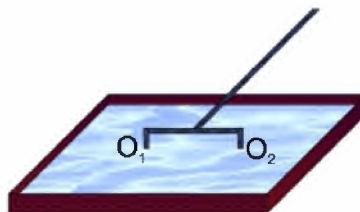
2. Oscillateur mécanique horizontal (5+3+2=10 points)

Nous considérons un oscillateur mécanique qui est composé d'un solide de masse m accroché à un ressort à spires non jointives de raideur k . Le solide peut se déplacer sans frottements sur un support horizontal.

- 2.1 Etablir l'équation différentielle du mouvement de l'oscillateur. T (5 points)
- 2.2 Proposer une solution de cette équation et établir l'expression de la pulsation propre ω_0 de l'oscillateur. T (3 points)
- 2.3 Calculer la valeur de la constante de raideur k en sachant que $m = 850$ g et $\omega_0 = 3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$. E (2 points)

3. Interférences dans un milieu à deux dimensions (6+2=8 points)

Une fourche munie de deux pointes est fixée à l'extrémité d'un vibreur. Les pointes O_1 et O_2 ont ainsi la même fréquence et constituent deux sources cohérentes. A la surface libre du liquide on observe des franges d'interférences sous formes d'arcs d'hyperboles.



- 3.1 Établir la condition que doit remplir un point d'une frange d'amplitude maximale. T (6 points)
- 3.2 En considérant la frange constructive (hyperbole) $n = 3$, calculer la longueur d'onde λ en cm si la valeur de la différence de marche vaut $\delta = 40$ mm. E (2 points)

4. Relativité restreinte (2+3+3=8 points)

Un vaisseau spatial parcourt la distance (supposée constante) de 384.400 km entre la Terre et la Lune avec une vitesse de $v = 0,55 \cdot c$.

En admettant les expressions de la dilation du temps et de la contraction des longueurs :

$$\Delta t_{impropre} = \frac{\Delta t_{propre}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad L_{mouvement} = L_{repos} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

- 4.1 Calculer la distance entre la Terre et la Lune dans le référentiel du vaisseau. E (2 points)
- 4.2 Calculer le temps nécessaire pour parcourir la distance entre la Terre et la Lune :
- 4.2.1 dans le référentiel du vaisseau, E (3 points)
- 4.2.2 dans le référentiel d'un observateur extérieur. E (3 points)

5. Réactions nucléaires (5+1+4=10 points)

- 5.1 Établir la loi de la décroissance radioactive. T (5 points)

Nous considérons l'isotope du thorium ${}_{90}^{227}\text{Th}$ qui est un émetteur α avec un temps de demi-vie de 18,3 jours. A l'instant $t = 0$ s, nous disposons d'un échantillon de $m = 5$ g.

- 5.2 Indiquer l'équation de désintégration. E (1 point)
- 5.3 Calculer la masse de thorium qui a disparu après 48 heures. E (4 points)

6.A. Dualité onde-corpuscule (1+3+2+4=10 points)

- 6.A.1. Indiquer la définition de l'effet photoélectrique. T (1 point)
- 6.A.2. Expliquer pourquoi le modèle ondulatoire de la lumière n'a pu être retenu pour expliquer l'effet photoélectrique. C (3 points)
- Nous éclairons une plaque en cuivre par une radiation de longueur d'onde 350 nm. Le travail d'extraction d'un électron de cuivre est égal à 4,4 eV.
- 6.A.3. Est-ce qu'un effet photoélectrique est observé ? Justifier par un calcul. E (2 points)
- 6.A.4. Calculer la vitesse maximale des électrons émis si la plaque en cuivre est éclairée par de la lumière UV avec une longueur d'onde de 200 nm. E (4 points)

6.B. Atome d'hydrogène (5+2+3=10 points)

- 6.B.1. Indiquer les deux postulats de Bohr. Ajouter une formule avec explications des grandeurs utilisées. T (5 points)
- 6.B.2. Calculer la longueur d'onde du photon correspondant à la transition des niveaux énergétiques de l'atome d'hydrogène: $n = 2 \rightarrow n = 1$. E (2 points)
- 6.B.3. Un atome d'hydrogène se trouvant au niveau énergétique E_2 absorbe un photon d'une longueur d'onde de 486,2 nm. Trouver par un calcul le niveau énergétique dans lequel l'atome se trouve après absorption du photon. E (3 points)

<i>Formules trigonométriques</i>

$$\cos(-a) = \cos a \qquad \cos(\pi - a) = -\cos a \qquad \cos(\pi + a) = -\cos a$$

$$\sin(-a) = -\sin a \qquad \sin(\pi - a) = \sin a \qquad \sin(\pi + a) = -\sin a$$

$$\tan(-a) = -\tan a \qquad \tan(\pi - a) = -\tan a \qquad \tan(\pi + a) = \tan a$$

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

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

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \cotan a \qquad \tan\left(\frac{\pi}{2} + a\right) = -\cotan a$$

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

$$1 + \tan^2 a = \frac{1}{\cos^2 a}$$

$$\cos^2 a = \frac{1}{1 + \tan^2 a}$$

$$\sin^2 a = \frac{\tan^2 a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin^2 a$$

$$\sin 2a = 2 \sin a \cos a$$

$$2\cos^2 a = 1 + \cos 2a$$

$$2\sin^2 a = 1 - \cos 2a$$

$$\sin 2a = \frac{2 \tan a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\cos 2a = \frac{1 - \tan^2 a}{1 + \tan^2 a}$$

$$\tan 2a = \frac{2 \tan a}{1 - \tan^2 a}$$

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

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

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}$$

$$\sin a - \sin b = 2 \sin \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$$

$$\tan a + \tan b = \frac{\sin(a+b)}{\cos a \cos b}$$

$$\tan a - \tan b = \frac{\sin(a-b)}{\cos a \cos b}$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \cos a \sin b$$

$$\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\sin(a-b) = \sin a \cos b - \cos a \sin b$$

$$\tan(a+b) = \frac{\tan a + \tan b}{1 - \tan a \tan b}$$

$$\tan(a-b) = \frac{\tan a - \tan b}{1 + \tan a \tan b}$$

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a-b) + \cos(a+b)]$$

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

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

Constantes naturelles

grandeur physique	symbole	valeur num.	unité
constante d'Avogadro	N_A	$6.022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
constante molaire des gaz parfaits	R	8.314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
constante de gravitation	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	$9.1094 \cdot 10^{-31}$	kg
		$5.4858 \cdot 10^{-4}$	u
		0.511	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos du proton	m_p	$1.6726 \cdot 10^{-27}$	kg
		1.0073	u
		938.27	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos du neutron	m_n	$1.6749 \cdot 10^{-27}$	kg
		1.0087	u
		939.57	$\text{MeV } c^{-2}$
masse au repos de la particule α	m_α	$6.6447 \cdot 10^{-27}$	kg
		4.0015	u
		3727.4	$\text{MeV } c^{-2}$
constante de Planck	h	$6.626 \cdot 10^{-34}$	J s
constante de Rydberg de l'atome H	R_H	$1.097 \cdot 10^7$	m^{-1}
rayon de Bohr	r_1	$5.292 \cdot 10^{-11}$	m
énergie de l'atome d' H dans l'état fondamental	E_1	-13.59	eV
accélération de pesanteur à la surface terrestre	g	9.81	m s^{-2}
rayon moyen de la Terre	R_T	6 371	km
jour sidéral	T	86 164	s
année julienne	a	365.25	jours
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 chimiques

Groupe I A II A 0

Période 1 2 3 4 5 6 7

1 Hydrogène 1 H 1,007975

2 Lithium 3 Li 6,9395 Béryllium 4 Be 9,0121831

3 Sodium 11 Na 22,98976928 Magnésium 12 Mg 24,3055

4 Potassium 19 K 39,0983 (1) Calcium 20 Ca 40,078 (4)

5 Rubidium 37 Rb 85,4678 (3) Strontium 38 Sr 87,62 (1)

6 Césium 55 Cs 132,905452 Baryum 56 Ba 137,327 (7)

7 Francium 87 Fr [223] Radium 88 Ra [226]

III B 13 Bore 5 B 10,8135

IV B 14 Carbone 6 C 12,0106

V B 15 Azote 7 N 14,006855

VI B 16 Oxygène 8 O 15,99940

VII B 17 Fluor 9 F 18,99840316

III A 3 Aluminium 13 Al 26,9815385

IV A 4 Silicium 14 Si 28,085 (1)

V A 5 Phosphore 15 P 30,97376200

VIA 6 Soufre 16 S 32,0675

VII A 7 Chlore 17 Cl 35,4515

VIII 8-10 Fer 26 Fe 55,845 (2) Cobalt 27 Co 58,933194 Nickel 28 Ni 58,6934 (4) Cuivre 29 Cu 63,546 (3) Zinc 30 Zn 65,38 (2)

II B 12 Gallium 31 Ga 69,723 (1) Germanium 32 Ge 72,630 (8) Arsenic 33 As 74,921595

Sélénium 34 Se 78,971 (8) Brome 35 Br 79,904

Krypton 36 Kr 83,798 (2)

Yttrium 39 Y 88,90584 Zirconium 40 Zr 91,224 (2) Niobium 41 Nb 92,90637

Molybdène 42 Mo 95,95 (1) Technétium 43 Tc [98]

Ruthénium 44 Ru 101,07 (2) Rhodium 45 Rh 102,90550

Palladium 46 Pd 106,42 (1) Argent 47 Ag 107,8682 (2)

Cadmium 48 Cd 112,414 (4) Indium 49 In 114,818 (1) Étain 50 Sn 118,710 (7)

Antimoine 51 Sb 121,760 (1) Tellure 52 Te 127,60 (3) Iode 53 I 126,90447

Xénon 54 Xe 131,293 (6)

Lanthanides 57-71

Hafnium 72 Hf 178,49 (2) Tantalum 73 Ta 180,94788

Tungstène 74 W 183,84 (1) Rhénium 75 Re 186,207 (1) Osmium 76 Os 190,23 (3) Iridium 77 Ir 192,217 (3)

Platine 78 Pt 195,084 (9) Or 79 Au 196,966569

Mercure 80 Hg 200,592 (3) Thallium 81 Tl 204,3835

Plomb 82 Pb 207,2 (1) Bismuth 83 Bi 208,98040

Polonium 84 Po [209] Astatine 85 At [210] Radon 86 Rn [222]

Actinides 89-103

Rutherfordium 104 Rf [267] Dubnium 105 Db [268] Seaborgium 106 Sg [269] Bohrium 107 Bh [270] Hassium 108 Hs [277] Meitnérium 109 Mt [278] Darmstadtium 110 Ds [281] Roentgenium 111 Rg [282] Copernicium 112 Cn [285] Nihonium 113 Nh [286] Flerovium 114 Fl [289] Moscovium 115 Mc [289] Livermorium 116 Lv [293] Tennessé 117 Ts [294] Oganesson 118 Og [294]

Lanthane 57 La 138,90547 Cérium 58 Ce 140,116 (1) Praseodyme 59 Pr 140,90766 Néodyme 60 Nd 144,242 (3) Prométhium 61 Pm [145] Samarium 62 Sm 150,36 (2) Europium 63 Eu 151,964 (1) Gadolinium 64 Gd 157,25 (3) Terbium 65 Tb 158,92535

Dysprosium 66 Dy 162,500 (1) Holmium 67 Ho 164,93033 Erbium 68 Er 167,259 (3) Thulium 69 Tm 168,93422 Ytterbium 70 Yb 173,045 Lutécium 71 Lu 174,9668

Actinium 89 Ac [227] Thorium 90 Th 232,0377 Protactinium 91 Pa 231,03588 Uranium 92 U 238,02891 Neptunium 93 Np [237] Plutonium 94 Pu [244] Américium 95 Am [243] Curium 96 Cm [247] Berkélium 97 Bk [247] Californium 98 Cf [251] Einsteinium 99 Es [252] Fermium 100 Fm [257] Mendélévium 101 Md [258] Nobeélium 102 No [259] Lawrencium 103 Lr [261]

Métaux : Alcalins, Alcalino-terreux, Lanthanides, Actinides, Métaux de transition, Métaux pauvres, Métalloïdes

Non métaux : Autres non-métaux, Halogènes, Gaz nobles

Non classés

primordial, désintégration d'autres éléments, synthétique

par Scaler, Michka B Trav. Pers., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8985780>