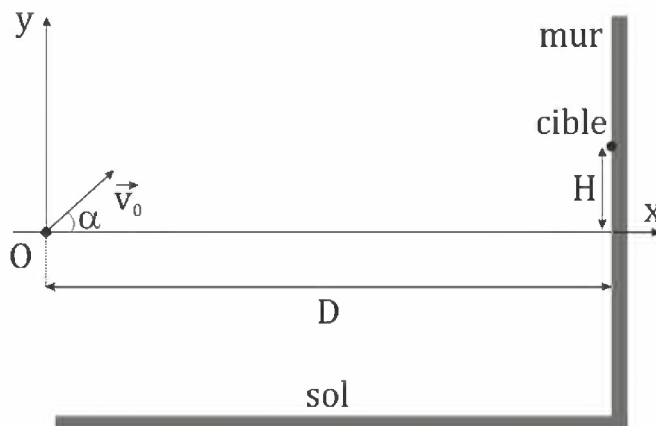


EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES
Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	08.06.23	Durée :	08:15 - 11:15	Numéro candidat :	
Discipline :	Physique	Section(s) :	CB / CB-4LANG / CC / CC-4LANG		

I. Tir oblique (16)

Lors d'un jeu de fête foraine, on doit lancer (à l'instant $t = 0$ s) une balle (assimilée à un point matériel) à l'aide d'un canon pneumatique afin de toucher une cible ponctuelle. La balle quitte le canon au point O avec une vitesse \vec{v}_0 formant un angle α avec l'horizontale. La cible se trouve à une distance horizontale $D = 4,42$ m de l'ouverture du canon. On néglige les frottements.



- Établir, dans le système d'axes indiqué, les équations horaires du mouvement de la balle. (5)
- En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de la balle. (1)
- Dans un premier temps, la cible est immobile et se trouve à une hauteur $H = 95$ cm au-dessus de l'ouverture du canon. Calculer la vitesse initiale v_0 sachant que la cible est touchée si $\alpha = 55^\circ$. (3)
- Pour remporter le prix, il faut toucher la cible ponctuelle une 2^e fois, mais cette fois-ci, la cible est attachée à un moteur (son abscisse reste égale à $D = 4,42$ m) de façon qu'elle effectue une oscillation verticale d'équation horaire $y_c(t) = A \cdot \sin(4\pi t + \frac{\pi}{2})$ où t est exprimé en secondes. Les paramètres du tir sont bloqués à $v_0 = 8 \frac{m}{s}$ et $\alpha = 23^\circ$, mais l'amplitude de l'oscillation peut être réglée. Le mouvement de la cible commence lorsque la balle quitte le canon à l'instant $t = 0$.
 - Que vaut la fréquence de l'oscillation ? (1)
 - On choisit une amplitude $A = 80$ cm et on rate la cible.
 - À quel instant est-ce que le mur est touché ? (1)
 - On suppose que l'impact a lieu en $t = 0,6$ s. A-t-il lieu au-dessus ou en-dessous de la cible ? À quelle distance de la cible a-t-il lieu ? (3)
 - Quelle amplitude A aurait-il fallu choisir pour toucher la cible ? (2)

II. Relativité restreinte (17)

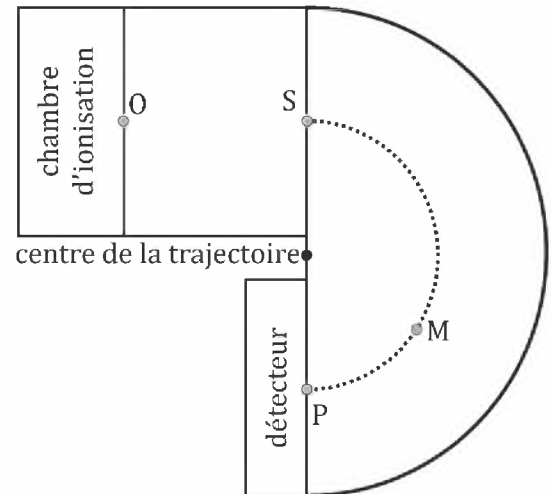
- Combien d'horloges sont nécessaires pour déterminer une durée impropre ? Expliquer. (2)
- Établir l'expression de la dilatation du temps en vous basant sur une expérience par la pensée. Décrire convenablement l'expérience et citer le postulat d'Einstein requis. (6)
- Un vaisseau spatial effectue un MRU par rapport à la Terre (et Mars) avec une vitesse $v = 0,19 c$. Dans le référentiel terrestre, la distance entre Mars et la Terre vaut 78 millions de km. On néglige le mouvement de Mars par rapport à la Terre pendant le voyage.
 - Calculer, en secondes, la durée du voyage de la Terre vers Mars dans le référentiel terrestre. (1)
 - Que valent la durée du voyage ainsi que la distance parcourue dans le référentiel du vaisseau ? (3)
- Un proton, initialement au repos, est accéléré par une tension électrique de 130 MV. Calculer sa vitesse finale et exprimer le résultat comme multiple de la vitesse de la lumière. Déterminer sa quantité de mouvement finale (en unité SI). (3+2)

III. Spectrographe de masse (15)

Après avoir été produits dans la chambre d'ionisation, des ions de charge $q > 0$ et de masse m entrent, au point O, avec une vitesse quasiment nulle dans la chambre d'accélération d'un spectrographe de masse. À l'intérieur de cette chambre règne une tension U . Reproduire une figure analogue sur votre copie et complétez-la au fur et à mesure.

La figure sur l'énoncé ne sera pas considérée.

1. Représenter la force électrique qui agit sur un ion au point O ainsi que le champ électrique qui règne dans la chambre d'accélération. (1)
2. Déterminer, en fonction de m , q et U l'expression de la vitesse v_s d'un ion au point S. (2)
3. Indiquer l'orientation du champ magnétique \vec{B} qui règne dans la chambre de déviation sachant que les ions finissent par atteindre le point P. Rajouter, en S et en M, les vecteurs accélération, vitesse et force de Lorentz. (1+1+1+1)
4. Écrire (sans l'établir) en fonction de q , m , v_s et B , l'expression du rayon R de la trajectoire dans la chambre de déviation. Utiliser le résultat de la question 2. afin de déduire l'expression de la distance SP en fonction de q , m , B et U . Simplifier l'expression finale autant que possible. (1+2)
5. Il est possible d'analyser un mélange de deux ions de même charge $q > 0$ mais de masses m et m' différentes. Un deuxième point d'impact P' est alors visible. Si $SP' = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot SP$, quelle relation y a-t-il entre les masses m' et m ? Justifier. (2)
6. Lorsque $B = 175$ mT et $U = 0,621$ kV, on détecte un seul point d'impact P tel que $SP = 23$ cm pour des ions Cu^{2+} . En déduire la masse d'un ion comme multiple de l'unité de masse atomique u . (3)

**IV. Expérience de Melde et ondes sur une surface d'eau (12)**

1. Qu'est-ce qui arrive à l'onde produite par le vibreur lorsqu'elle atteint l'extrémité fixe dans l'expérience de Melde? En déduire comment se forment les nœuds de vibration. (2)
2. Ecrire une relation entre la longueur utile L de la corde et le nombre de fuseaux n . En déduire la relation donnant n en fonction de la fréquence f de la source, de L , de la tension F dans la corde et de la masse linéique μ de la corde. (2)
3. Lorsqu'on applique la formule précédente, on pourrait en principe trouver $n = 3,68$. Que signifie un tel résultat? Justifier. (1)
4. Une corde de guitare de longueur utile $L = 65$ cm excitée par une fréquence de 660 Hz présente deux fuseaux. Calculer la tension dans la corde sachant que 20 cm de cette corde ont une masse de 0,114 g. (3)
5. Deux sources synchrones S_1 et S_2 émettent chacune une onde progressive qui se propage sur une surface d'eau. On observe alors une figure d'interférences à deux dimensions.
 - a. Les nœuds ne sont plus des points isolés, mais sont situés sur des lignes appelées franges d'interférence. Quelle est la forme (géométrique) de ces lignes? (1)
 - b. Déterminer la différence de marche et le type d'interférence en ... (3)
 - i. ... un point de la médiatrice du segment $[S_1S_2]$.
 - ii. ... un point P tel que $S_1P = 3\lambda$ et $S_2P = 7\lambda$.
 - iii. ... un point Q tel que $S_1Q = 5\lambda$ et $S_2Q = 3\frac{\lambda}{2}$.

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

$$\begin{aligned}
 1 \text{ angström} &= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} \\
 1 \text{ électronvolt} &= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\
 1 \text{ unité de masse atomique} &= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2
 \end{aligned}$$

Formules trigonométriques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cotan x$$

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

$$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$$

$$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

$$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

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

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

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau périodique des éléments chimiques

Groupe	I A	II A											III B	IV B	V B	VI B	VII B	0			
Période	1	2											13	14	15	16	17	18			
1	Hydrogène 1 H 1,007975																		Hélium 2 He 4,002602		
2	Lithium 3 Li 6,9395	Béryllium 4 Be 9,0121831	← nom de l'élément (gaz, liquide ou solide à 0°C et 101,3 kPa) ← numéro atomique ← symbole chimique ← masse atomique relative [ou celle de l'isotope le plus stable] © [CIAAW "Atomic Weights 2013" + rev. 2015]										Bore 5 B 10,8135	Carbone 6 C 12,0106	Azote 7 N 14,006855	Oxygène 8 O 15,99940	Fluor 9 F 18,99840316	Néon 10 Ne 20,1797 (6)			
3	Sodium 11 Na 22,98976928	Magnésium 12 Mg 24,3055				III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII			I B	II B	Aluminium 13 Al 26,9815385	Silicium 14 Si 28,085 (1)	Phosphore 15 P 30,97376200	Soufre 16 S 32,0675	Chlore 17 Cl 35,4515	Argon 18 Ar 39,948 (1)
4	Potassium 19 K 39,0983 (1)	Calcium 20 Ca 40,078 (4)	Scandium 21 Sc 44,955908 (5)	Titane 22 Ti 47,867 (1)	Vanadium 23 V 50,9415 (1)	Chrome 24 Cr 51,9961 (6)	Manganèse 25 Mn 54,938044	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)	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)			
5	Rubidium 37 Rb 85,4678 (3)	Strontium 38 Sr 87,62 (1)	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)			
6	Césium 55 Cs 132,905452	Baryum 56 Ba 137,327 (7)	Lanthanides 57–71		Hafnium 72 Hf 178,49 (2)	Tantale 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	Mercuré 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]	Astate 85 At [210]	Radon 86 Rn [222]		
7	Françium 87 Fr [223]	Radium 88 Ra [226]	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]	Tennessee 117 Ts [294]	Oganesson 118 Og [294]		
			Lanthane 57 La 138,90547	Cérium 58 Ce 140,116 (1)	Praséodyme 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]	Nobélium 102 No [259]	Lawrencium 103 Lr [266]				

