

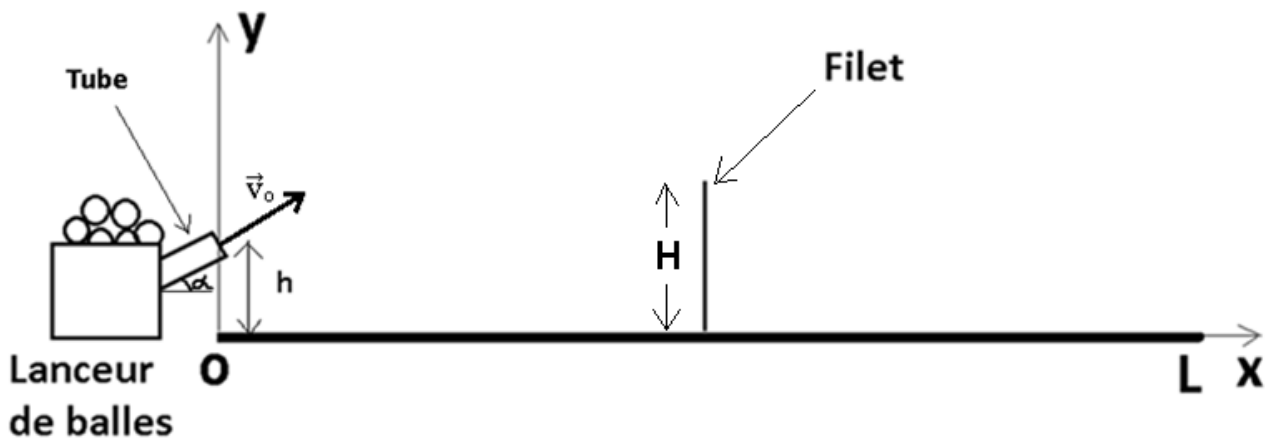


BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3h00 Date de l'épreuve : 10 juin 2020

A. Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme (15 pts)

Une machine à lancer des balles de tennis est posée au bord d'un terrain de tennis de telle façon que l'extrémité du tube de direction se trouve à une hauteur $h = 30$ cm au-dessus du sol et fait un angle $\alpha = 36^\circ$ avec l'horizontale. La machine tire une balle avec un vecteur vitesse initial \vec{v}_0 comme indiqué sur le croquis. On suppose la balle de tennis comme ponctuelle et on néglige les frottements.

1. Faire une étude dynamique et établir les équations horaires de la balle dans le référentiel $(O ; x, y)$, puis en déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire proposée. **(5 + 2 pts)**
2. Sachant que la hauteur du filet qui se trouve au centre du terrain est $H = 91,4$ cm et que la longueur totale du terrain est $L = 23,77$ m, calculer la norme du vecteur vitesse \vec{v}_0 afin que la balle passe tout juste au-dessus du filet. **(3 pts)**
3. En supposant que la norme du vecteur vitesse \vec{v}_0 est de $11,50$ m/s, calculer la hauteur maximale h_{\max} atteinte par la balle. **(3 pts)**
4. Quelle est la forme de la trajectoire obtenue ? Représenter approximativement la trajectoire de la balle sur le croquis jusqu'à ce qu'elle retombe au sol. **(0,5 + 1,5 pts)**



B. Spectromètre de masse (16 pts)

À l'aide du spectrographe de masse formé de 4 parties comme schématisé ci-dessous, on désire séparer les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ de même charge q mais de masses différentes respectivement m_1 et m_2 . En O_1 , la vitesse des ions est pratiquement nulle. Dans la partie 2, on applique une tension U afin qu'en arrivant en O_2 , les ions ${}^6\text{Li}^+$ aient une vitesse v_1 et les ions ${}^7\text{Li}^+$ une vitesse v_2 .

Ils pénètrent ensuite dans la partie (3) où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure afin de terminer leur trajectoire au niveau de la partie (4). On suppose que les ions se déplacent dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces.

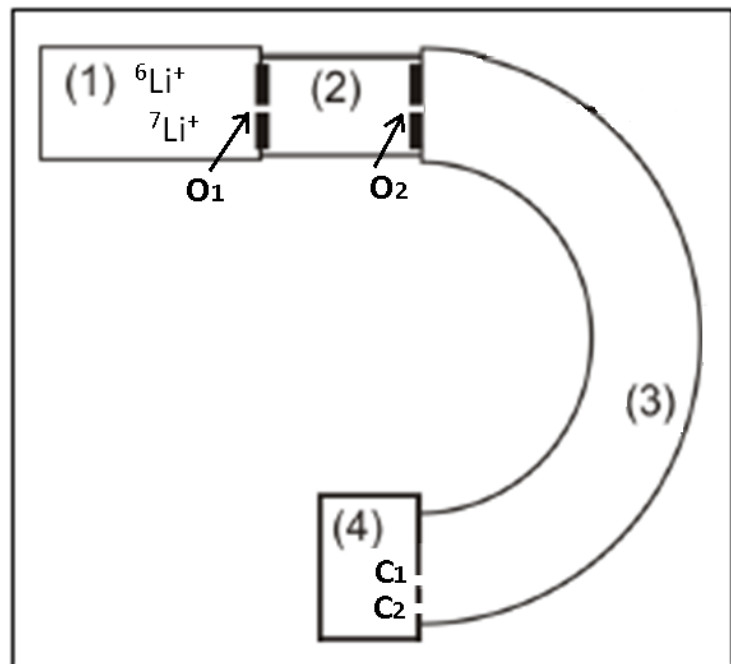
1. Expliquer le rôle de chacune des 4 parties. (2 pts)

2. A partir du théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression littérale des vitesses v_1 et v_2 des deux types d'ions en O_2 en fonction de U , q et de leurs masses respectives m_1 et m_2 . (2 pts)

3. Indiquer le sens du champ magnétique \vec{B} dans la partie (3) afin que les ions atteignent la partie (4). (1 pt)

4. Dans la partie (3), les trajectoires des ions sont planes. Démontrer également que ces trajectoires sont circulaires et que la norme de la vitesse de chaque type d'ions reste constante dans toute la partie (3). (6 pts)

5. En déduire l'expression littérale des rayons R_1 et R_2 de leurs trajectoires circulaires en fonction de U , q , B et de leurs masses respectives m_1 et m_2 . (2 pts)



Application :

6. Les deux types d'ions sont collectés en C_1 et C_2 . Sachant que $m_1 = 6u$ et $m_2 = 7u$, $B = 0,4 \text{ T}$ et que $U = 5 \cdot 10^4 \text{ V}$, calculer la distance C_1C_2 . (3 pts)

C. Oscillations mécaniques (18 pts)

Un pendule élastique est formé d'un bloc de masse $m = 0,3 \text{ kg}$ accroché à un ressort de raideur k . Il oscille sans frottements sur une table horizontale le long d'un axe Ox . A l'origine des temps, le ressort est comprimé à son maximum et le centre de gravité G du bloc se trouve à 5 cm à gauche de sa position d'équilibre. Pour se déplacer de l'extrémité gauche jusqu'à l'extrémité droite, le pendule met $0,8 \text{ s}$.

1. Dessiner un croquis montrant le pendule à l'instant $t = 0 \text{ s}$ et y représenter les forces agissant sur le bloc. (1 pt)

2. Établir l'équation différentielle du mouvement du pendule. (5 pts)

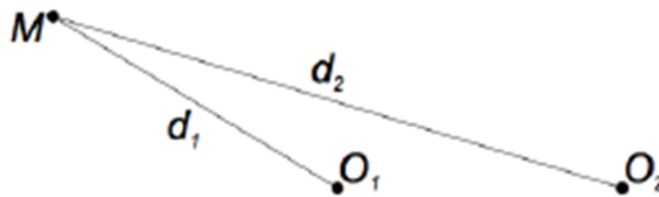
3. Montrer que l'équation $x(t) = x_{\max} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle en précisant sous quelle condition. **(2 + 1 pts)**
4. Déterminer les valeurs de x_{\max} , de ω_0 et de φ . **(1 + 1 + 2 pts)**
5. Calculer la tension F du ressort, agissant sur le bloc, lorsqu'il se trouve à 2 cm de sa position d'équilibre. **(2 pts)**
6. Déterminer la date du premier passage du bloc à l'abscisse $x = 2$ cm **(3 pts)**

D. Ondes progressives (11 pts)

Deux lames vibrantes, parfaitement synchrones et d'équations $y_{01}(t) = y_{02}(t) = A \cdot \sin(2\pi \frac{t}{T})$, sont munies chacune d'une pointe qui produit respectivement en un point O_1 et O_2 de la surface d'une nappe d'eau, des ondes transversales, sinusoïdales, d'amplitude A , se propageant dans toutes les directions du liquide avec une célérité constante c . On néglige tout amortissement.

1. Quand dit-on qu'une onde est transversale ? **(2 pts)**

Soit M un point de la surface de l'eau situé à la distance d_1 de O_1 et à la distance d_2 de O_2 comme le montre le schéma suivant :



2. Écrire (sans l'établir) l'équation horaire $y_1(t)$ que l'onde venant de O_1 impose au point M et (sans l'établir) l'équation horaire $y_2(t)$ que l'onde venant de O_2 impose également au point M . **(2 pts)**
3. Établir la condition à laquelle doit satisfaire $d_2 - d_1$ afin que les ondes arrivent en M en opposition de phase. **(4 pts)**

Application :

4. Sachant que la fréquence des deux lames est $f = 10$ Hz et que $c = 2,5$ m/s, en déduire la longueur d'onde λ puis calculer la distance $d_2 - d_1$ la plus petite afin que les ondes arrivent en M en opposition de phase. **(1 + 2 pts)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau périodique des éléments chimiques

Groupe Période	↓	I A 1	II A 2	III A 3	IV A 4	V A 5	VI A 6	VII A 7	VIII 8 9 10	I B 11	II B 12	III B 13	IV B 14	V B 15	VI B 16	VII B 17	O 18	Hélium 2 He 4,002602	Lithium 3 Li 6,9395	Béryllium 4 Be 9,0121831	Scandium 21 Sc 44,955908(6)	Titanium 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)	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)	Césium 55 Cs 132,905452	Baryum 56 Ba 137,327(7)	Lanthanides 57-71	Francium 87 Fr [223]	Radium 88 Ra [226]	Actinides 89-103	Lanthanum 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]	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Platine 78 Pt 195,084(8)	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]	Astate 85 At [210]	Radon 86 Rn [222]	Francium 87 Fr [223]	Radium 88 Ra [226]	Actinides 89-103	Lanthanides 89-103	Actinides 89-103	Métaux de transition	Métaux pauvres	Autres non-métaux	Halogènes	Gaz nobles	Non classés	primordial	résintégration d'autres éléments	synthétique	Lanthane 57 La 138,90547	Actinium 89 Ac [227]	Thorium 90 Th 232,0377	Protactinium 91 Pa 231,03588	Uranium 92 U 238,02891	Plutonium 94 Pu [244]	Américium 95 Am [243]	Curium 96 Cm [247]	Berkélium 97 Bk [247]	Terbium 65 Tb 158,92535	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Samarium 62 Sm 150,36(2)	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	Lanthanides 89-103	Actinides 89-103	Métaux de transition	Métaux pauvres	Autres non-métaux	Halogènes	Gaz nobles	Non classés	primordial	résintégration d'autres éléments	synthétique	Lanthane 57 La 138,90547	Actinium 89 Ac [227]	Thorium 90 Th 232,0377	Protactinium 91 Pa 231,03588	Uranium 92 U 238,02891	Plutonium 94 Pu [244]	Américium 95 Am [243]	Curium 96 Cm [247]	Berkélium 97 Bk [247]	Terbium 65 Tb 158,92535	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Samarium 62 Sm 150,36(2)	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	Lanthanides 89-103	Actinides 89-103	Métaux de transition	Métaux pauvres	Autres non-métaux	Halogènes	Gaz nobles	Non classés	primordial	résintégration d'autres éléments	synthétique	Lanthane 57 La 138,90547	Actinium 89 Ac [227]	Thorium 90 Th 232,0377	Protactinium 91 Pa 231,03588	Uranium 92 U 238,02891	Plutonium 94 Pu [244]	Américium 95 Am [243]	Curium 96 Cm [247]	Berkélium 97 Bk [247]	Terbium 65 Tb 158,92535	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Samarium 62 Sm 150,36(2)	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
-------------------	---	----------	-----------	------------	-----------	----------	-----------	------------	----------------	-----------	------------	-------------	------------	-----------	------------	-------------	---------	--------------------------------------	-------------------------------------	--	---	--	--	---	---	-------------------------------------	--	---	--	-------------------------------------	---	---	---	--	------------------------------------	---	---	--	---------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	---	---	---	--	--	---	--	--	---	-------------------------------------	--	---	---	----------------------	--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	---	---	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	---------------------	-----------------------	---------------------	----------------------	----------------	-------------------	-----------	------------	-------------	------------	----------------------------------	-------------	--	--------------------------------------	--	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	-----------------------	---------------------	----------------------	----------------	-------------------	-----------	------------	-------------	------------	----------------------------------	-------------	--	--------------------------------------	--	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	-----------------------	---------------------	----------------------	----------------	-------------------	-----------	------------	-------------	------------	----------------------------------	-------------	--	--------------------------------------	--	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tableau_périodique_des_éléments.svg