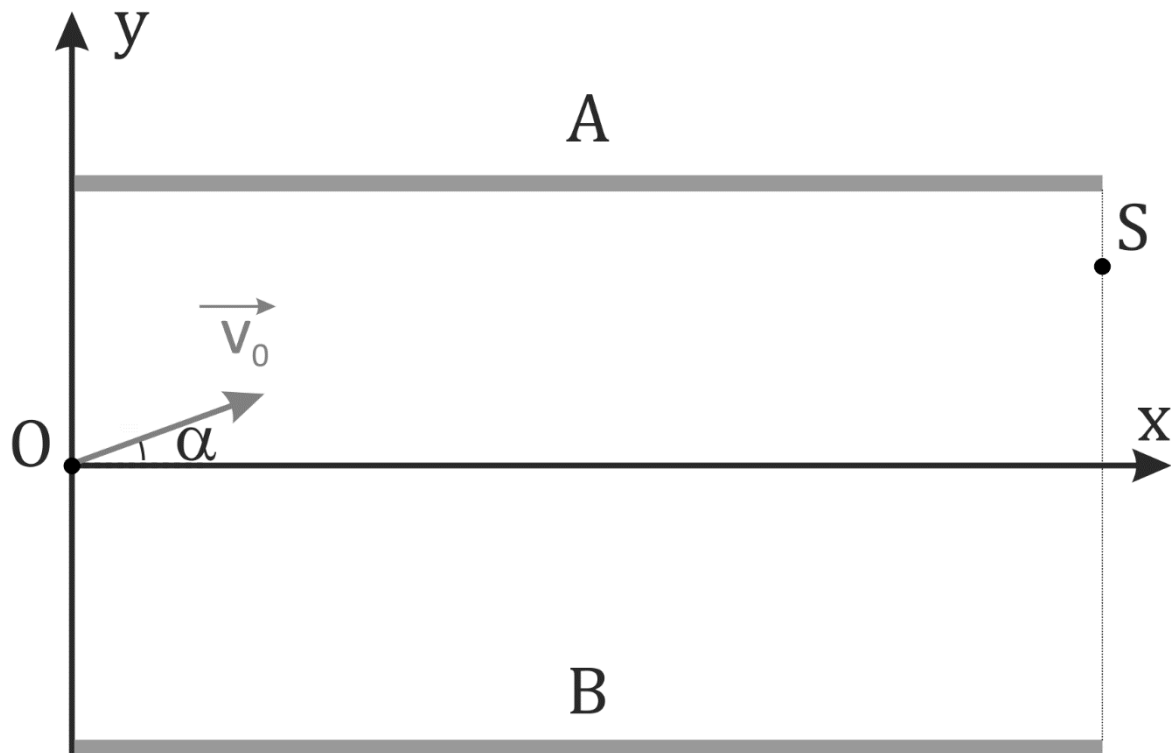




BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	CB, CLB, CC, CLC	Durée de l'épreuve : 3h Date de l'épreuve : 22/09/2020

A. Mouvement dans un champ électrique uniforme (17)

Un faisceau de protons entre avec une vitesse initiale \vec{v}_0 dans un condensateur formé de 2 armatures parallèles (voir figure). Le point d'entrée (=origine du système d'axes) se trouve à mi-hauteur entre les armatures. On néglige le poids des protons et on suppose que le mouvement a lieu dans le vide.



On constate que les protons **sortent par le point S avec une vitesse horizontale**.

- Recopier la figure (pas nécessairement à l'échelle) et indiquez-y...
 - ... la trajectoire des protons entre O et S ainsi que la force électrique \vec{F} en O . (1)
 - ... le champ électrique \vec{E} et la polarité des plaques. (1)
- Etablir les équations horaires et l'équation cartésienne décrivant le mouvement des protons en fonction de e, m, E, v_0 et α . (6)
- Etablir les expressions de t_S (instant du passage par S), x_S et y_S (coordonnées du point de sortie S) en fonction de e, m, E, v_0 et α . Prouver ensuite que $\frac{y_S}{x_S} = \frac{1}{2} \tan(\alpha)$. (4)
- La longueur des plaques vaut $L = 12 \text{ cm}$ et la distance entre les plaques vaut $d = 10 \text{ cm}$. Le point S se trouve 2 cm en-dessous de la plaque A . L'intensité du champ électrique vaut $5 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$.
 - En déduire l'angle α sous lequel les protons entrent dans le condensateur. (2)
 - Calculer la norme v_0 de la vitesse initiale des protons. (2)
 - Calculer la norme v_S de la vitesse de sortie des protons. (1)

B. Satellite géostationnaire (9)

Dans un référentiel géocentrique, la vitesse d'un satellite en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre est donnée par $v = \sqrt{\frac{KM}{r}}$ où M est la masse de la Terre. (On ne demande PAS de démontrer cette équation). Le centre de l'orbite coïncide avec le centre de la Terre. On suppose que le satellite interagit seulement avec la Terre.

1. Déduire l'expression de la période de révolution du satellite en fonction du rayon R de la Terre et de l'altitude z (au-dessus de la surface terrestre) à laquelle évolue le satellite. (2)

GovSat-1 est un satellite de télécommunications Luxembourgeois. Sa masse vaut $4,23 \text{ t}$ et son orbite est **géostationnaire**.

2. Etablir l'expression de l'altitude z à laquelle évolue le satellite GovSat-1. (2)
3. Calculer cette altitude en km. (2)

On suppose désormais que GovSat-1 évolue à une altitude de $35\,810 \text{ km}$.

4. Calculer la vitesse de GovSat-1 en $\frac{\text{km}}{\text{s}}$. (1)
5. Calculer l'accélération de GovSat-1. (1)
6. Si GovSat-1 avait une masse de $8,46 \text{ t}$, à quelle altitude aurait-il fallu le placer pour que son orbite soit géostationnaire ? Expliquer. (1)

C. Pendule élastique (14)

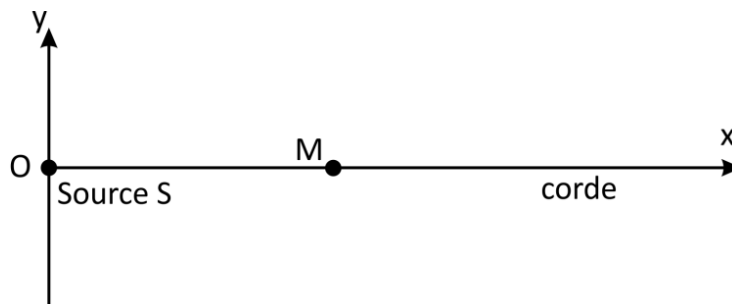
1. Etablir l'équation différentielle d'un pendule élastique horizontal non amorti. Une figure convenable (avec repère) est exigée. (5)
2. Démontrer sous quelle condition une fonction de la forme $x(t) = X_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de cette équation. (2)
3. Pour un pendule élastique, on constate que
 - sa vitesse maximale vaut $v_m = 50 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
 - sa vitesse vaut $v_1 = 30 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ lorsqu'il se trouve en l'abscisse $x_1 = 16 \text{ cm}$.

Partir de la **conservation de l'énergie** pour en déduire la pulsation propre du pendule. (4)

4. Un **autre** pendule élastique possède une période propre de 4 s .
 - a. Que vaut la raideur du ressort si la masse du corps attaché vaut 750 g ? (2)
 - b. A l'instant $t = 0 \text{ s}$, le corps passe par sa position d'équilibre. Indiquer la date du passage suivant par cette position. (1)

D. Onde progressive (9)

Le mouvement d'une source S peut être décrit par la fonction $y_S(t) = Y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$. Cette source est reliée à une des extrémités (O) d'une corde horizontale très longue.



1. Etablir l'équation d'onde indiquant l'état vibratoire de n'importe quel point d'abscisse x de la corde à n'importe quel instant t . On néglige tout amortissement et toute réflexion. Préciser le nom de chaque grandeur introduite pendant la démonstration. (5)
2. L'onde étudiée dans la suite peut être décrite par l'équation numérique suivante (en unités SI) :

$$y(x, t) = 0,04 \cdot \sin(20\pi t - 4\pi x + \pi)$$

Déterminer...

- a. ... la célérité de l'onde. (2)
- b. ... l'équation horaire du point M situé à 0,3 m de la source. (1)
- c. ... l'équation numérique indiquant l'évolution temporelle de la vitesse de ce point M. (1)

E. Ondes stationnaires (11)

Une corde de masse linéique μ est tendue entre 2 points A et B tels que $AB = L$. En A, un vibreur impose une oscillation harmonique transversale de fréquence f . Le point B est fixe. Pour des valeurs précises de f , L , μ et de la tension F (régnant dans la corde), on observe le phénomène d'onde stationnaire.

1. Discuter le rôle du point B. Expliquer la formation d'ondes stationnaires en insistant sur ce qui se passe en un ventre de vibration et un nœud de vibration. (3)
2. Ecrire la relation entre L et le nombre de fuseaux n . En déduire la relation permettant de calculer, en fonction de n , L , F et μ les fréquences donnant lieu à une onde stationnaire. (2)
3. Est-ce que les affirmations suivantes sont vraies ou fausses ? Justifier. (3)
 - a. Si on coupe une corde en son milieu, les deux parties obtenues ont une masse linéique qui vaut le double de celle la corde entière.
 - b. L'élongation d'un ventre de vibration n'est jamais nulle.
 - c. Lorsque $L = \frac{\lambda}{2}$, tous les points de la corde (à l'exception des nœuds) vibrent en phase.
4. Une corde dont la partie vibrante possède une longueur $L = 1,5$ m et une masse $m = 8,1$ g est excitée par un vibreur imposant une fréquence de 16,2 Hz. On observe une onde stationnaire à 5 ventres. Calculer la tension dans la corde. (3)

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)	Symbole	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

↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
↑	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII	IX	X	XI	II B	III B	IV B	V B	VI B	VII B	O	
↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Hydrogène 1 H 1,007975		Béryllium 4 Be 9,0121831		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)		Bore 5 B 10,8135	Carbone 6 C 12,0106	Azote 7 N 14,006432	Oxygène 8 O 15,9994	Fluor 9 F 18,99840316	Hélium 2 He 4,002602
2	Lithium 3 Li 6,9395		Magnésium 12 Mg 24,3055		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)		Bore 5 B 10,8135	Carbone 6 C 12,0106	Azote 7 N 14,006432	Oxygène 8 O 15,9994	Fluor 9 F 18,99840316	Hélium 2 He 4,002602
3	Sodium 11 Na 22,98976928																		
4	Potassium 19 K 39,0983 (1)		Scandium 21 Sc 44,955908 (6)	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)		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)
5	Rubidium 37 Rb 85,4678 (3)		Yttrium 39 Y 88,90584	Zirconium 40 Zr 91,224 (2)	Niobium 41 Nb 92,90637	Molibdène 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		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	Mercur 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]	Astato 85 At [210]	Radon 86 Rn [222]
7	Francium 87 Fr [223]		Actinides 89-103	Rutherfordium 104 Rf [267]	Dubnium 105 Db [268]	Seaborgium 106 Sg [269]	Hassium 107 Bh [270]	Mtnerium 108 Hs [271]	Meitnerium 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]	Tennesse 117 Ts [294]	Oganeson 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]	

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