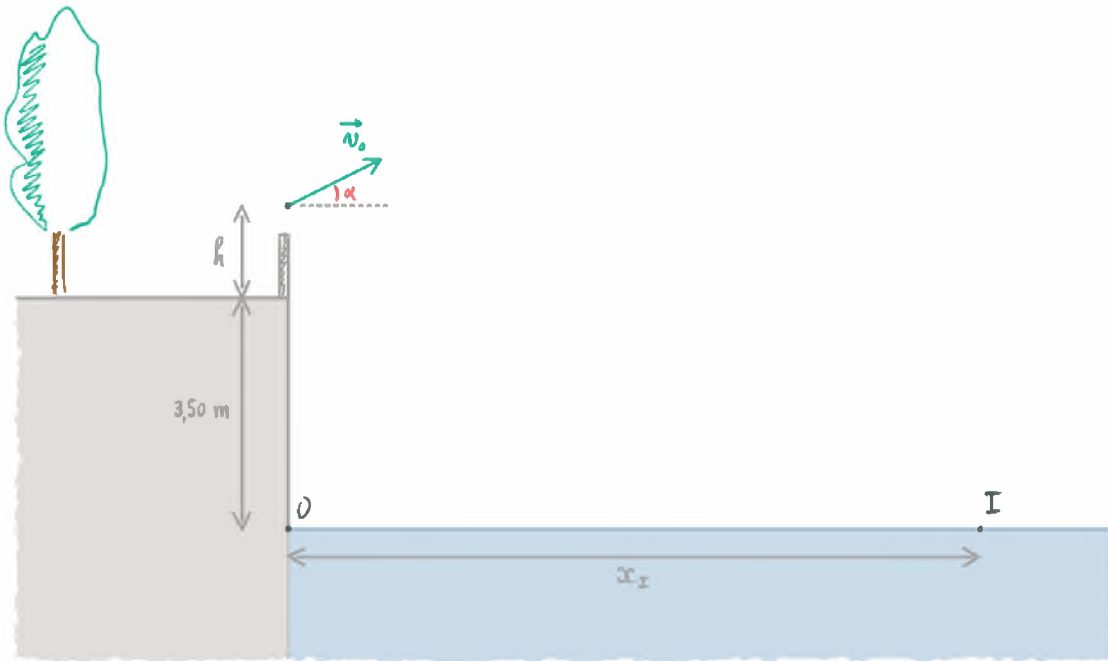


EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES
Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	17.05.23	Durée :	08:15 - 11:15	Numéro candidat :	
Discipline :	Physique		Section(s) :	CB / CB-4LANG / CC / CC-4LANG	

I. Mouvement dans le champ de pesanteur terrestre (2+5+2+3+3=15p)

Deux enfants, Alice et Bob, lancent des pierres dans un lac. L'étude se fera dans un repère cartésien d'origine O et l'on pourra négliger la résistance de l'air ainsi que tout autre effet aérodynamique dans ce problème.



- Reproduire la figure sur votre copie en indiquant le repère (Oxy) . Tracer la trajectoire d'une pierre de masse m qui est lancée à la verticale du point O avec une vitesse initiale \vec{v}_0 faisant un angle α avec l'horizontale. Indiquer le vecteur vitesse au sommet de la trajectoire ainsi que le vecteur vitesse au point I (càd. juste avant l'impact de la pierre dans l'eau). (2p)
- Établir les équations horaires du mouvement de la pierre et en déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire. Justifier les étapes importantes du développement mathématique. (5p)
- Alice lance une pierre de 150 g avec une vitesse initiale $v_0 = 8,9$ m/s sous un angle $\alpha = 30^\circ$. La pierre tombe dans l'eau au point I d'abscisse $x_I = 12$ m.
 - À quelle hauteur h au-dessus du sol la pierre a-t-elle quitté la main d'Alice ? (2p)
 - Que vaut l'angle d'impact de la pierre dans l'eau ? (3p)
- Bob lance une pierre de 250 g d'une hauteur $h = 160$ cm avec une vitesse initiale horizontale. Par hasard, la pierre tombe dans l'eau au même point I d'abscisse $x_I = 12$ m. Déterminer la vitesse initiale de la pierre que Bob a lancée en km/h. (3p)

II. Oscillateur mécanique (3+3+2+2+3+3=16p)

Un chariot de masse $m = 100$ g est attaché à l'extrémité d'un ressort à spires non-jointives de raideur k . L'autre extrémité du ressort est fixée au banc horizontal et le chariot peut glisser sans frottement le long d'un axe x , dont l'origine coïncide avec la position du centre de masse du chariot lorsque le ressort est détendu. On comprime le ressort de 2,5 cm (par rapport à sa longueur non déformée) et le système est lâché sans vitesse initiale à $t = 0$.

1. « À tout instant t , la force résultante qui s'exerce sur le chariot est proportionnelle à son élongation, mais de sens opposé. » Vrai ou faux ? Justifier ! (3p)
2. Sans l'établir, donner l'équation différentielle que satisfait l'élongation du système. Proposer une solution de cette équation différentielle et vérifier sa validité. (3p)
3. On mesure une période propre de $\frac{\pi}{5}$ s. Déterminer la raideur du ressort. (2p)
4. Déterminer l'amplitude et la vitesse maximale de l'oscillateur. (2p)
5. À quel instant la norme de la vitesse du chariot vaut-elle pour la deuxième fois 25 cm/s ? (3p)
6. Un expérimentateur a couplé l'extrémité fixe du ressort à un système qui vibre parallèlement à l'axe x avec une fréquence de 1,6 Hz. Quel phénomène observe-t-on ? Qu'est-ce qui risque de se passer ? Expliquer. (3p)

III. Relativité restreinte (7+1+2+3+1=14p)

1. Définir l'intervalle de temps propre et l'intervalle de temps impropre entre deux événements. Établir la relation mathématique entre ces deux intervalles de temps à l'aide d'une expérience par la pensée. (7p)
2. Proxima Centauri b est l'exoplanète la plus proche du Soleil. Elle se trouve à une distance de 4,2 années-lumière, ce qui signifie que la lumière du Soleil met 4,2 années pour y parvenir. Dans un futur lointain, une équipe de pionniers de l'espace part pour un voyage vers Proxima Centauri b dans un vaisseau qui se déplace en ligne droite et à vitesse constante de 0,35 c par rapport au Soleil.
 - a. Quelle est la durée du voyage dans le référentiel héliocentrique ? On néglige les phases d'accélération et de freinage. (1p)
 - b. De combien d'années les voyageurs auront-ils vieilli à leur arrivée ? (2p)
3. À bord du vaisseau de la question précédente se trouve un physicien qui mène des expériences avec un accélérateur linéaire de particules.
 - a. Quelle tension doit-il appliquer entre les armatures d'un condensateur pour accélérer des électrons de 0,2 c à 0,6 c (par rapport au vaisseau) ? (3p)
 - b. Est-ce que cette valeur de tension aurait produit la même accélération dans un laboratoire sur Terre ? Justifier ! (1p)

IV : Petites questions (3+2+3+3+4=15p)

1. Donner la définition d'un satellite géostationnaire et expliquer pourquoi un tel satellite ne peut pas se trouver à la verticale d'une ville du Luxembourg. (3p)
2. Vrai ou Faux ? Donner à chaque fois une réponse sans justification. (2p)
La vitesse maximale que peuvent atteindre des particules chargées dans un cyclotron dépend...
 - a. du rayon des dés ;
 - b. de la masse des particules ;
 - c. du champ électrique entre les dés ;
 - d. du champ magnétique à l'intérieur des dés.
3. En réalisant l'expérience de Melde, on observe trois fuseaux sur une corde de masse $m = 10$ g et de longueur $L = 1,20$ m qui est animée par un vibreur qui effectue des oscillations harmoniques de fréquence $f = 15$ Hz. Déterminer la force de tension dans la corde. (3p)
4. Définir l'effet photoélectrique et expliquer ce phénomène à l'aide d'un modèle physique de la lumière. (3p)
5. En l'année 1988, trois laboratoires ont daté de manière indépendante le suaire de Turin (Turiner Grabtuch) à l'aide du carbone-14, radioisotope du carbone ayant une demi-vie de 5730 ans. En moyenne, les scientifiques ont mesuré 138 désintégrations par minute sur un échantillon original du suaire alors qu'un tissu neuf de même masse présente une activité de 2,5 Bq. De quelle année date le suaire de Turin ? (4p)

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

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

Formules trigonométriques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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											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 3	IV A 4	V A 5	VI A 6	VII A 7	VIII 8 9 10			I B 11	II B 12	Aluminium 13 Al 26,9815385	Silicium 14 Si 28,085 (1)	Phosphore 15 P 30,9737620	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	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]	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]	Borhrium 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]	Tennesse 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]				

