



EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES Sessions 2022

DISCIPLINE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE	
Physique	CB / CC	Date de l'épreuve :	31.05.22
		Durée de l'épreuve :	08:15 - 11:25
		Numéro du candidat :	

Partie obligatoire			
Question	Nb points	Sujet	Obligatoire
I	14	Jeu de fléchettes	x
II	16	Accélérateur de particules	x
III	15	Oscillateur mécanique	x

Partie au choix			
Choisissez 1 question parmi les 2 suivantes et indiquez votre choix avec un x			
Question	Nb points	Sujet	Choix du candidat
IV	15	Relativité restreinte	
V	15	Radiothérapie	

I. Jeu de fléchettes (« darts »)

(7 + 3 + 4 = 14 points)

Un joueur de darts veut lancer une fléchette dans la zone du triple 20 pour obtenir le maximum possible de 60 points. Cette zone se trouve à une hauteur de 1,83 m du sol. Lors de son entraînement, des mesures ont montré qu'il laisse partir ses fléchettes à la hauteur de son œil, situé à 1,70 m du sol, et qu'à cet instant la vitesse initiale de la fléchette forme un angle de 23° avec l'horizontale.

- 1) Faire une figure de la situation et établir les équations horaires du mouvement de la fléchette. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire. (7)
- 2) Sachant qu'initialement la fléchette se trouve à une distance horizontale de 2,10 m de la cible, déterminer la norme de la vitesse initiale pour que le joueur réussisse son tir. (3)
- 3) Sachant que la fléchette est lancée avec une vitesse initiale de norme 20,85 km/h, déterminer l'angle que la fléchette formera **avec la cible** lors de son impact. Faire un schéma de la situation d'impact en précisant l'angle en question. (4)

II. Accélérateur de particules**(6 + 2 + 2 + 3 + 3 = 16 points)**

Dans un centre de recherche, des particules α sont accélérées dans un cyclotron avant d'être lancées contre une cible. Le cyclotron utilisé a un rayon de 5 m. Les particules α sont accélérées à partir du repos et sortent du cyclotron avec une vitesse de $2,5 \cdot 10^3$ km/s.

- 1) Faire un schéma d'un cyclotron et indiquer les vecteurs champs qui y règnent et les forces qui s'appliquent à la particule sur sa trajectoire. Expliquer le fonctionnement de cet accélérateur de particules. (6)
- 2) Calculer l'intensité du champ magnétique dans les dés pour que les particules sortent avec la vitesse désirée. (2)
- 3) Sachant que la tension entre les dés a une valeur de 540 V, déterminer l'augmentation d'énergie cinétique à chaque accélération. (2)
- 4) En déduire le nombre de tours qu'une particule α parcourt dans le cyclotron avant de sortir. (3)
- 5) « Si on accélère des protons au lieu de particules α , les protons sortent du même cyclotron avec une vitesse deux fois plus élevée. » Vrai ou faux ? Argumenter la réponse (sans calcul). (3)

III. Oscillateur mécanique**(4 + 3 + 2 + 3 + 3 = 15 points)**

Un ressort de suspension de voiture est testé sur un banc d'essai afin de vérifier son bon fonctionnement. Il est monté horizontalement et on y fixe une masse de 250 kg qui peut coulisser sans frottement le long d'un axe horizontal. L'origine de l'axe est fixée à la position du centre d'inertie de la masse dans sa position d'équilibre. Lors du test, on mesure une fréquence d'oscillation de 4,5 Hz.

- 1) Établir l'équation différentielle du mouvement de cet oscillateur. (4)
- 2) Proposer une solution de cette équation et vérifier sa validité. En déduire l'expression de la période des oscillations en fonction de la raideur du ressort k et de la masse oscillante m . (3)
- 3) Calculer la raideur du ressort. (2)
- 4) Sachant que l'oscillateur atteint une vitesse maximale de 1,8 m/s lors de son mouvement, déterminer l'amplitude des oscillations. (3)
- 5) Lorsqu'il est installé dans une voiture, ce ressort est accompagné d'un amortisseur. Quel est l'effet de la force de frottement que cet amortisseur exerce sur le système oscillant ? Représenter graphiquement l'évolution temporelle de l'élongation du ressort, compte tenu de ce frottement. (3)

Répondre à une question au choix parmi les deux suivantes**IV. Relativité restreinte****(4 + 5 + 3 + 3 = 15 points)**

- 1) « Deux événements qui ont lieu simultanément dans un référentiel donné, ne sont jamais simultanés dans un autre référentiel en MRU par rapport au premier. » Commenter cette affirmation en vous basant sur une expérience par la pensée. (4)
- 2) Établir l'expression mathématique de la dilatation du temps. (5)
- 3) Dans un accélérateur de particules, des protons, initialement au repos, sont soumis à une tension accélératrice de 500 MV. Ils parcourent ensuite en MRU un tunnel de longueur 27 km, longueur mesurée dans le référentiel du laboratoire.
 - a) Calculer la vitesse des protons après l'accélération. (3)
 - b) Déterminer, dans le référentiel des protons, la longueur du tunnel et la durée nécessaire pour le traverser. (3)

V. Radiothérapie**(2 + 2 + 5 + 3 + 3 = 15 points)**

Suite à un cancer de la thyroïde, un patient est traité avec un radio-isotope afin de détruire les métastases qui se sont formées et qui ne peuvent pas être enlevées chirurgicalement. Pour cela, le patient ingère une gélule contenant de l'iode-131, un nucléide radioactif dont la demi-vie est de 8 jours, et qui décroît en émettant un rayonnement β^- . L'activité de cette gélule vaut 3,7 GBq au moment de l'ingestion.

- 1) Écrire l'équation de la désintégration en précisant les lois physiques utilisées pour équilibrer cette équation. (2)
- 2) Le noyau-fils issu de cette désintégration peut encore émettre un autre rayonnement dangereux. Quelle est l'origine de ce rayonnement, comment l'appelle-t-on et quel est le type de particule émise ? (2)
- 3) Établir la loi de décroissance radioactive. (5)
- 4) Déterminer la masse de ^{131}I contenue initialement dans la gélule. (3)
- 5) Calculer après combien de jours l'activité de ^{131}I sera descendue à 5000 Bq, ce qui correspond à l'activité naturelle du ^{40}K dans le corps humain. (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)		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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau périodique des éléments chimiques

		O 18															
		Hélium 2 He 4.002602															
						VII B				VI B				V B			
						Fluor 9 F 18,99840316				Oxygène 8 O 15,99940				Azote 7 N 14,006432			
						Chlore 17 Cl 35,4515				Soufre 16 S 32,0675				Phosphore 15 P 30,97376200			
						Argon 18 Ar 39,948 (1)				Brome 35 Br 79,904				Krypton 36 Kr 83,798 (2)			
						Xénon 54 Xe 131,293 (6)				Iode 53 I 126,90447				Tellure 52 Te 127,60 (3)			
						Radon 86 Rn [222]				Astat 85 At [210]				Polonium 84 Po [209]			
						Oganesson 118 Og [294]				Tennessé 117 Ts [294]				Livermorium 116 Lv [293]			
						Lutécium 71 Lu 174,9668				Ytterbium 70 Yb 173,045				Thulium 69 Tm 168,93422			
						Lawrencium 103 Lr [266]				Nobelium 102 No [259]				Mendélévium 101 Md [258]			
						Erbium 68 Er 167,259 (3)				Fermium 100 Fm [257]				Einsteinium 99 Es [252]			
						Dysprosium 66 Dy 162,500 (1)				Californium 98 Cf [251]				Terbium 65 Tb 158,92535			
						Terbium 65 Tb 158,92535				Berkélium 97 Bk [247]				Curium 96 Cm [247]			
						Gadolinium 64 Gd 157,25 (3)				Americium 95 Am [243]				Europium 63 Eu 151,964 (1)			
						Samarium 62 Sm 150,36 (2)				Plutonium 94 Pu [244]				Neptunium 93 Np [237]			
						Prométhium 61 Pm [145]				Hassium 108 Hs [277]				Osmium 76 Os 190,23 (3)			
						Ruthénium 44 Ru 101,07 (2)				Meitnium 109 Mt [278]				Iridium 77 Ir 192,217 (3)			
						Rhénium 75 Re 186,207 (1)				Bohrium 107 Bh [270]				Ruthénium 45 Rh 102,90550			
						Röntgenium 111 Rg [282]				Darmstadtium 110 Ds [281]				Platine 78 Pt 195,084 (9)			
						Copernicium 112 Cn [285]				Roentgenium 111 Rg [282]				Or 79 Or 196,966569			
						Nihonium 113 Nh [286]				Tennessé 117 Ts [294]				Mercure 80 Hg 200,592 (3)			
						Flerovium 114 Fl [289]				Livermorium 116 Lv [293]				Thallium 81 Tl 204,3835			
						Moscovium 115 Mc [289]				Oganesson 118 Og [294]				Plomb 82 Pb 207,2 (1)			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Argent 47 Ag 107,8682 (2)			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cadmium 48 Cd 112,414 (4)			
						Meitnium 109 Mt [278]				Darmstadtium 110 Ds [281]				Indium 49 In 114,818 (1)			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Röntgenium 111 Rg [282]				Livermorium 116 Lv [293]				Nickel 28 Ni 58,6934 (4)			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Hassium 108 Hs [277]				Roentgenium 111 Rg [282]				Cobalt 27 Co 58,933194			
						Bohrium 107 Bh [270]				Copernicium 112 Cn [285]				Cobalt 27 Co 58,933194			