



BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	B, C	Durée de l'épreuve : 3 heures Date de l'épreuve : 20/05/21

I. Coup franc (= Freistoß) au football (6 + 1 + 4 + 5 + 1 = 17)

Lors d'un coup franc, un ballon de football (considéré comme point matériel) quitte le point O avec une vitesse \vec{v}_0 formant un angle α avec l'horizontale. On néglige les frottements.

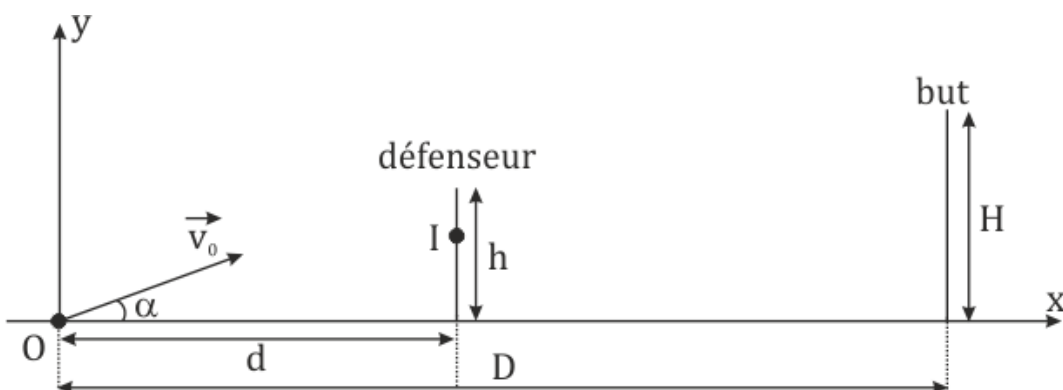


1. Établir les équations horaires du ballon dans le système d'axes Oxy indiqué. (6)
2. En déduire l'équation cartésienne du ballon. (1)

La hauteur du but vaut $H = 2,44$ m, le ballon se situe initialement à une distance $D = 21$ m du but.

3. Lors de l'entraînement, le ballon est passé par le point P, situé 24 cm en-dessous de la limite supérieure du but, pour $\alpha = 22^\circ$. Calculer la vitesse initiale v_0 du ballon en $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. (4)

Pendant le match, une occasion analogue se présente ($D = 21$ m), mais cette fois-ci un défenseur se trouve à une distance horizontale $d = 9,15$ m du point O. Intimidé par la taille $h = 1,98$ m de ce défenseur, le tireur rate son coup. Le ballon part avec $v_0 = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ et $\alpha = 18^\circ$ et touche le défenseur (qui reste immobile) en un point I.



4. Calculer l'ordonnée du point I et la vitesse du ballon lorsqu'il touche le défenseur. (5)
5. Est-ce que le ballon est en train de monter ou de descendre juste avant l'impact ? Justifier. (1)

II. Fentes de Young (2 + 5 + 2 + 1 + 4 + 3 = 17)

Deux fentes O_1 et O_2 séparées d'une distance $a = 0,4$ mm sont éclairées par un laser monochromatique. Un écran est placé parallèlement au plan des fentes à une distance $D = 8$ m.

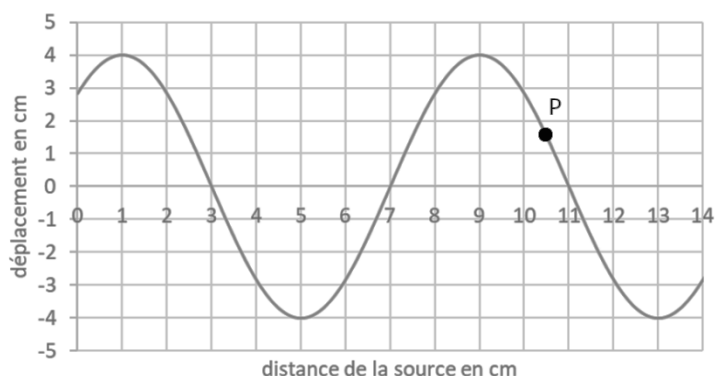
1. Est-ce que les observations faites lors de cette expérience confirment la nature ondulatoire ou la nature corpusculaire de la lumière ? Justifier. (2)
2. Pour un point M d'abscisse x de l'écran, établir (en fonction de a et de D) l'expression de la différence de marche de deux ondes lumineuses issues respectivement de O_1 et O_2 . (5)
3. En déduire l'expression mathématique de la position des franges claires. (2)
4. En déduire l'expression mathématique de l'interfrange. (1)
5. On mesure que 16 franges claires sont séparées de 13,26 cm. En déduire la longueur d'onde (en nm) ainsi que la fréquence du laser. (4)
6. Si on répète cette expérience en utilisant un faisceau d'électrons plutôt qu'un laser, on peut réaliser des observations similaires. Les électrons initialement au repos sont accélérés par une tension U . Déterminer, en fonction de U , e et de la masse m d'un électron, l'expression littérale de la longueur d'onde associée aux électrons. (3)

III. Petites questions (2 + 2 + (1 + 2 + 1) + (2 + 1) + 2 + 2 = 15)

1. Vrai ou faux ? Justifier. L'énergie cinétique d'un satellite de masse m_s en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre s'écrit $E_{\text{cin,sat}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K \cdot M_{\text{Terre}} \cdot m_s}{r}$ (2)
2. Dans un spectrographe de masse (tension accélératrice U et champ magnétique déviateur \vec{B}), une particule (initialement au repos) de masse m et de charge q effectue un MCU de rayon $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{|q|}}$. Est-ce qu'on peut séparer un mélange de particules α et de protons grâce à cet appareil ? Justifier. (2)
3. Un pendule élastique est caractérisé par l'équation horaire (en unités SI) suivante :

$$x(t) = 0,05 \cdot \cos(5\pi t + \pi)$$
 - a. Que vaut sa fréquence ? (1)
 - b. Que valent son élongation et sa vitesse v_x à l'instant $t = 0,75$ s? (2)
 - c. Est-ce que ce pendule est amorti ? Justifier. (1)

4. La figure ci-contre montre, à un instant donné, une onde transversale qui se propage de la gauche vers la droite. La fréquence de la source vaut 50 Hz.
 - a. Que vaut la célérité de l'onde ? (2)
 - b. Vers où est-ce que le point P est en train de se déplacer à l'instant représenté ? (1)



5. Est-il possible d'observer l'effet photoélectrique avec de la lumière visible ? (2)
 - Dans l'affirmative, expliquer sous quelle condition.
 - Sinon, expliquer pourquoi c'est impossible.
6. On considère deux lasers émettant de la lumière monochromatique de même fréquence, mais qui ont des puissances différentes. Comment le modèle corpusculaire de la lumière explique-t-il cette différence de puissance ? (2)

IV. Physique nucléaire ((1 + 2) + 2 + 2 + 4 = 11)

1. Définir la demi-vie $T_{1/2}$ d'un nucléide radioactif. En déduire une relation entre $T_{1/2}$ et la constante de désintégration λ . (1+2)
2. L'affirmation suivante porte sur un échantillon formé d'un seul radionucléide. Est-elle correcte ? Justifier. (2)
Le nombre de désintégrations ayant lieu pendant la 2^e demi-vie (donc entre $t = T_{1/2}$ et $t = 2 \cdot T_{1/2}$), est inférieur à celui pendant la 1^{ère} demi-vie (donc entre $t = 0$ et $t = T_{1/2}$).
3. Le ^{241}Pu est un émetteur β^- . Écrire son équation de désintégration et indiquer le nom de toutes les particules émises. (2)
4. La masse d'un atome ^{241}Pu vaut 241,057 u.
5 milligrammes de ^{241}Pu pur ont une activité de 19,21 GBq. Calculer le nombre d'atomes de ^{241}Pu dans cet échantillon ainsi que la demi-vie du ^{241}Pu (en années). (4)

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)		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
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)		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
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)		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
7	Francium 87 Fr [223]		Actinides 89-103	Rutherfordium 104 Rf [267]	Dubnium 105 Db [268]	Seaborgium 106 Sg [269]	Bohrium 107 Bh [270]	Hassium 108 Hs [271]	Meitnérium 109 Mt [278]	Darmstadtium 110 Ds [281]	Roentgenium 111 Rg [282]	Copernicium 112 Cn [285]		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
				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