

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES – Sessions 2024**QUESTIONNAIRE**

Date :	17.09.24	Horaire :	08:15 - 10:45	Durée :	150 minutes	
Discipline :	PHYSI	Type :	écrit	Section(s) :	GIG	
					Numéro du candidat :	

Légende : T: théorie E: exercice TP: travail pratique

1. Lentilles**(12 points)**

1.1 Dérivez la loi de conjugaison en partant du grandissement. Accompagnez la dérivation d'une esquisse explicative. (T: 3P.)

1.2 On utilise un vidéoprojecteur pour créer une image agrandie d'un objet sur un écran.

1.2.1 Indiquez par quel type de lentille cela peut être réalisé. Donnez deux raisons.

(T: 2P.)

1.2.2 On veut que l'image sur l'écran prenne le plus de place possible. La distance-image doit rester inchangée. Faut-il choisir une lentille dont la distance focale est la plus grande ou la plus petite possible ? Justifiez votre réponse avec une esquisse.

(E: 3P.)

1.2.3 L'objet de ce vidéoprojecteur a une taille de 3,50 cm et l'image doit être créée à une distance de 250 cm de l'objet. Calculez la distance-objet et la distance focale de la lentille si la taille de l'image est de 1,50 m.

(E: 4P.)

2. Travail pratique : Réseau optique**(11 points)**

Les lignes d'une lampe à néon ont été captées sur un écran à l'aide d'un réseau optique avec 400 fentes par mm. L'écran se trouve à une distance de 62,5 cm du réseau. De toutes les lignes du 1^{er} ordre visibles sur l'écran, un élève n'a dessiné qu'une ligne jaune, une ligne verte et une ligne rouge. Il a obtenu l'image suivante sur l'écran :

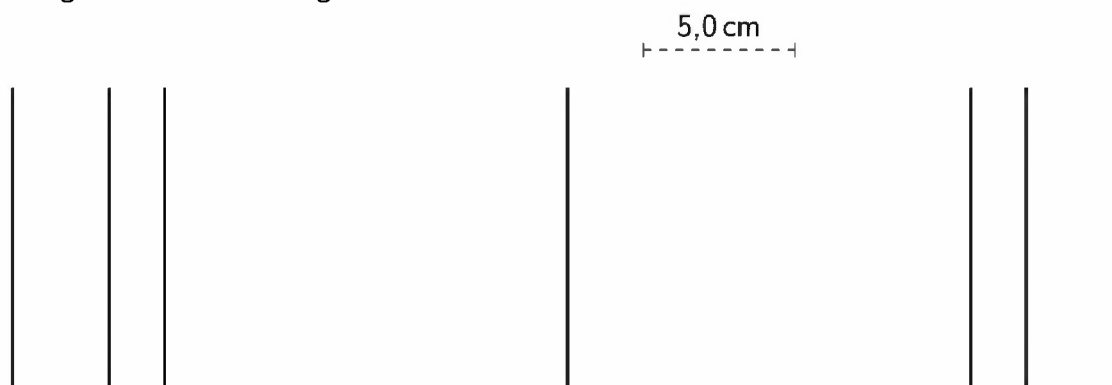


Fig. 1: image écran

- 2.1** Esquissez le dispositif expérimental et annotez tous les éléments. (TP: 2P.)
- 2.2** Indiquez quelle ligne correspond à quelle couleur. Déterminez la distance d de chaque ligne au maximum central en utilisant l'échelle donnée. Utilisez pour cela les deux côtés de l'image de l'écran. *Remarque* : La ligne pointillée doit être utilisée pour déterminer l'échelle de l'image écran. (TP: 3P.)
- 2.3** Dérivez une équation pour calculez la longueur d'onde des lignes en partant de la condition d'interférence constructive du réseau optique. Accompagnez votre explication d'une esquisse. Déterminez la longueur d'onde des couleurs des lignes représentées à l'aide des mesures de 2.2. Décrivez votre démarche. (TP: 4P.)
- 2.4** Une mesure plus précise donne une longueur d'onde de 703,24 nm pour une des lignes. Calculez l'écart absolu et relatif (en pourcent) entre votre mesure et la mesure plus précise (TP: 2 P.)

3. Accélérateur de particules

(13 points)

Dans un accélérateur de particules circulaire de longueur 2,978 km, des ions d'or (masse au repos : 197,0 u) se déplacent proche de la vitesse de la lumière avant d'entrer en collision. Au laboratoire, on mesure une fréquence de rotation des ions d'or de 74,80 kHz.

On considère deux référentiels :

- A : référentiel du laboratoire
- B : référentiel où les ions sont au repos

- 3.1** Écrivez les deux principes fondamentaux de la théorie de la relativité restreinte. (T: 2P.)
- 3.2** Expliquez le terme « temps propre ». (T: 1P.)
- 3.3** Dans quel référentiel mesure-t-on la longueur propre de l'accélérateur de particules ? Justifiez votre réponse. (E: 1P.)
- 3.4** Nous imaginons les ions d'or au repos de manière simplifiée comme des sphères. (fig. 2).



fig. 2 : ion d'or au repos

Les ions d'or se déplacent maintenant avec une vitesse proche de celle de la lumière (de la gauche vers la droite). Indiquez laquelle des représentations suivantes (fig. 3) reproduit le mieux la forme des ions d'or dans les deux référentiels. Justifiez à chaque fois votre réponse.

(E: 3P.)

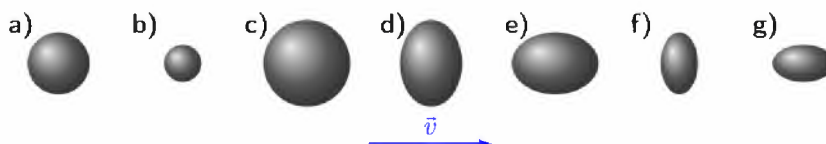


fig. 3 : formes possibles des ions d'or

3.5 Déterminez la période de rotation des ions d'or dans les deux référentiels, si on mesure le temps propre dans le référentiel B. (E: 3P.)

3.6 Déterminez l'énergie cinétique d'un ion d'or en GeV. (E: 3P.)

4. Physique nucléaire

(10 points)

4.1 Décrivez ce que l'on entend par « radioactivité ». (T: 2P.)

4.2 Or-198 est un émetteur beta-moins. Écrivez l'équation de désintégration et nommez toutes les particules présentes. (E: 2P.)

4.3 La courbe de désintégration suivante s'applique pour une préparation d'indium-111.

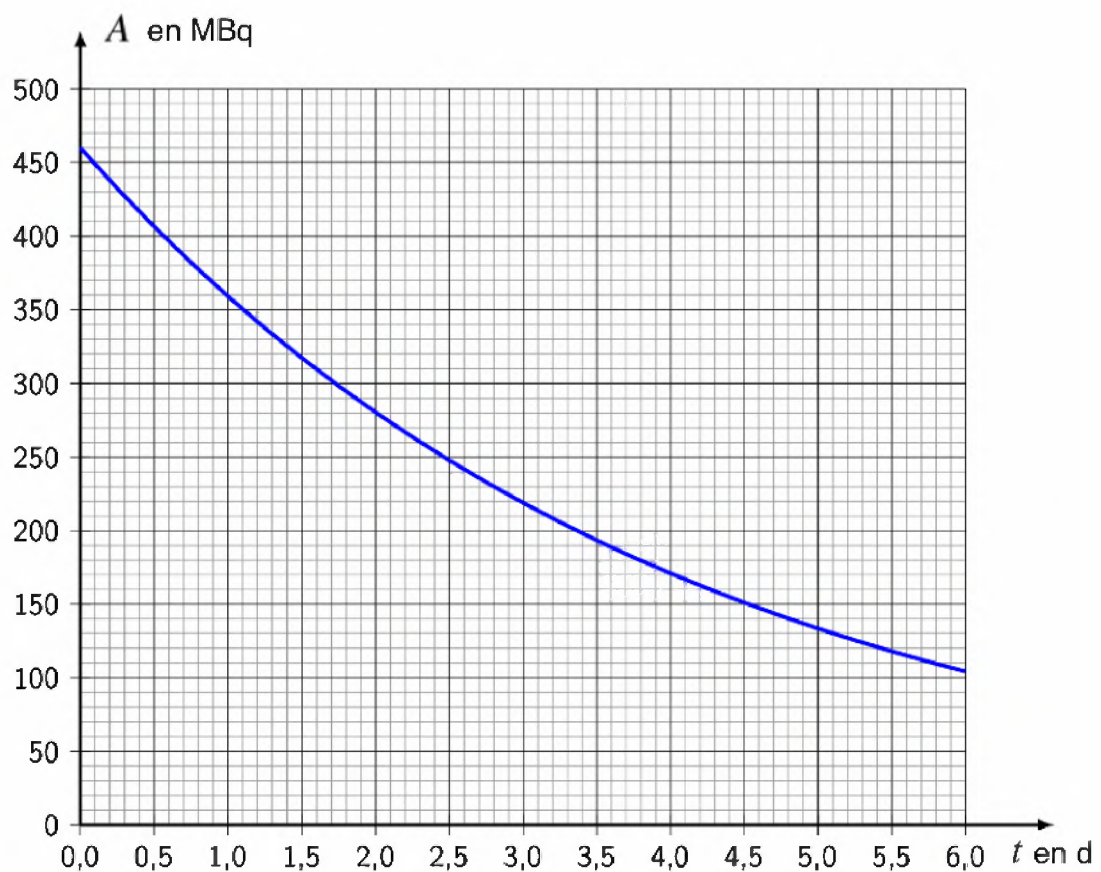


fig. 4 : courbe de désintégration pour une préparation d'indium-111

4.3.1 Déterminez à l'aide du graphique la constante de désintégration d'indium-111 en unité-SI. (E: 2P.)

4.3.2 Calculez après combien de jours il reste encore $4,53 \cdot 10^{12}$ de noyaux atomiques d'indium-111. (E: 4P.)

5. Mécanique quantique**(14 points)**

- 5.1** Est-ce que l'apparition de l'effet photoélectrique dépend des facteurs suivants. Justifiez !
- De la fréquence du rayonnement électromagnétique incident ;
 - De l'intensité du rayonnement électromagnétique incident ;
 - Du matériau qui est soumis au rayonnement électromagnétique. (T: 3P.)
- 5.2** En partant de la force de Coulomb entre l'électron et le noyau de l'atome d'hydrogène, montrez que l'énergie totale de l'électron dans l'atome d'hydrogène est donnée par l'expression suivante :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r}$$

Compléter la dérivation avec toutes les explications et esquisses nécessaires. (T: 6P.)

- 5.3** A l'aide de l'équation précédente et de la condition quantique pour des ondes stationnaires, on peut conclure que les rayons des trajectoires et les états d'énergie sont quantifiés dans l'atome d'hydrogène.

5.3.1 Expliquez ce que l'on entend dans ce contexte par « quantifié ». (T: 1P.)

5.3.2 On peut aussi conclure de la quantification des états d'énergie qu'un atome d'hydrogène excité ne peut émettre que de la lumière de longueurs d'onde spécifiques. Calculez la longueur d'onde de la lumière émise si un atome d'hydrogène transitionne du niveau $n = 5$ au niveau $n = 3$. Est-ce que la lumière émise est visible pour un humain ? (Spectre visible : 380 nm à 780 nm) (E: 4P.)

Constantes physiques

Constante physique	Symbole	Valeur	Unité
nombre d'Avogadro	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
vitesse de la lumière (*)	c	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J · s
permittivité du vide	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{C} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
masse au repos de l'électron	m_e	$9,109 \cdot 10^{-31}$	kg
		= 0,5110	MeV / c^2
masse au repos du proton	m_p	$1,673 \cdot 10^{-27}$	kg
		= 938,3	MeV / c^2
masse au repos du neutron	m_n	$1,675 \cdot 10^{-27}$	kg
		= 939,6	MeV / c^2
masse au repos d'une particule α	m_α	$6,645 \cdot 10^{-27}$	kg
		= $3,727 \cdot 10^3$	MeV / c^2
Conversion d'unités en dehors du système SI			
unité de masse atomique	1 u	$1,6605 \cdot 10^{-27}$	kg
électron-volt	1 eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$	J
année	1 a	365,25	d (jours)

(*) **Remarque:** Pour la vitesse de la lumière, on peut utiliser la valeur $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s dans les calculs.

Formules trigonométriques

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$	$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$	
$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \tan^2 x}$	$\sin^2 x = \frac{\tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$1 + \tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$
$\sin(-x) = -\sin(x)$	$\sin(\pi - x) = \sin(x)$	$\sin(\pi + x) = -\sin(x)$
$\cos(-x) = \cos(x)$	$\cos(\pi - x) = -\cos(x)$	$\cos(\pi + x) = -\cos(x)$
$\tan(-x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi - x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi + x) = \tan(x)$
$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x)$		$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos(x)$
$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x)$		$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin(x)$
$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cot(x)$		$\tan\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\cot(x)$
$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$		$\tan(x + y) = \frac{\tan x + \tan y}{1 - \tan x \tan y}$
$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$		
$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$		$\tan(x - y) = \frac{\tan x - \tan y}{1 + \tan x \tan y}$
$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$		
$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$		$2 \cos^2 x = 1 + \cos 2x$
$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$		$2 \sin^2 x = 1 - \cos 2x$
$\sin 2x = \frac{2 \tan x}{1 + \tan^2 x}$	$\cos 2x = \frac{1 - \tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$\tan 2x = \frac{2 \tan x}{1 - \tan^2 x}$
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$		$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$
$\sin x + \sin y = 2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$		$\tan x + \tan y = \frac{\sin(x+y)}{\cos x \cos y}$
$\sin x - \sin y = 2 \sin\left(\frac{x-y}{2}\right) \cos\left(\frac{x+y}{2}\right)$		$\tan x - \tan y = \frac{\sin(x-y)}{\cos x \cos y}$
$\cos x + \cos y = 2 \cos\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\cos x - \cos y = -2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \sin\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$		
$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$		
$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$		

Tableau périodique des éléments

I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1,0 H 1																	4,0 He 2
6,9 Li 3	9,0 Be 4											10,8 B 5	12,0 C 6	14,0 N 7	16,0 O 8	19,0 F 9	20,2 Ne 10
23,0 Na 11	24,3 Mg 12	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII A			IA	IIA	27,0 Al 13	28,1 Si 14	31,0 P 15	32,1 S 16	35,5 Cl 17	39,9 Ar 18
39,1 K 19	40,1 Ca 20	45,0 Sc 21	47,9 Ti 22	50,9 V 23	52,0 Cr 24	54,9 Mn 25	55,8 Fe 26	58,9 Co 27	58,7 Ni 28	63,5 Cu 29	65,4 Zn 30	69,7 Ga 31	72,6 Ge 32	74,9 As 33	79,0 Se 34	79,9 Br 35	83,8 Kr 36
85,5 Rb 37	87,6 Sr 38	88,9 Y 39	91,2 Zr 40	92,9 Nb 41	95,9 Mo 42	(98,6) Tc 43	101,1 Ru 44	102,9 Rh 45	106,4 Pd 46	107,9 Ag 47	112,4 Cd 48	114,8 In 49	118,7 Sn 50	121,8 Sb 51	127,6 Te 52	126,9 I 53	131,3 Xe 54
132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	138,9 La 57	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,9 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	(209) Po 84	(210) At 85	(222) Rn 86
(223) Fr 87	226,0 Ra 88	227,0 Ac 89	(261) Rf 104	(262) Ha 105	(263) Sg 106												

140,1 Ce 58	140,9 Pr 59	144,2 Nd 60	(145) Pm 61	150,4 Sm 62	152,0 Eu 63	157,3 Gd 64	158,9 Tb 65	162,5 Dy 66	164,9 Ho 67	167,3 Er 68	168,9 Tm 69	173,0 Yb 70	175,0 Lu 71
232,0 Th 90	231,0 Pa 91	238,0 U 92	237,0 Np 93	(244) Pu 94	(243) Am 95	(247) Cm 96	(247) Bk 97	(251) Cf 98	(254) Es 99	(257) Fm 100	(258) Md 101	(259) No 102	(260) Lr 103

Z		Element	Élément
1	H	Wasserstoff	Hydrogène
2	He	Helium	Hélium
3	Li	Lithium	Lithium
4	Be	Beryllium	Béryllium
5	B	Bor	Bore
6	C	Kohlenstoff	Carbone
7	N	Stickstoff	Azote
8	O	Sauerstoff	Oxygène
9	F	Fluor	Fluor
10	Ne	Neon	Néon
11	Na	Natrium	Sodium
12	Mg	Magnesium	Magnésium
13	Al	Aluminium	Aluminium
14	Si	Silizium	Silicium
15	P	Phosphor	Phosphore
16	S	Schwefel	Soufre
17	Cl	Chlor	Chlore
18	Ar	Argon	Argon
19	K	Kalium	Potassium
20	Ca	Kalzium	Calcium
21	Sc	Scandium	Scandium
22	Ti	Titan	Titane
23	V	Vanadium	Vanadium
24	Cr	Chrom	Chrome
25	Mn	Mangan	Manganèse
26	Fe	Eisen	Fer
27	Co	Kobalt	Cobalt
28	Ni	Nickel	Nickel
29	Cu	Kupfer	Cuivre
30	Zn	Zink	Zinc
31	Ga	Gallium	Gallium
32	Ge	Germanium	Germanium
33	As	Arsen	Arsenic
34	Se	Selen	Sélénium
35	Br	Brom	Brome
36	Kr	Krypton	Krypton
37	Rb	Rubidium	Rubidium
38	Sr	Strontium	Strontium
39	Y	Yttrium	Yttrium
40	Zr	Zirkonium	Zirkonium
41	Nb	Niob	Niobium
42	Mo	Molybdän	Molybdène
43	Tc	Technetium	Technétium
44	Ru	Ruthenium	Ruthénium
45	Rh	Rhodium	Rhodium
46	Pd	Palladium	Palladium
47	Ag	Silber	Argent
48	Cd	Kadmium	Cadmium
49	In	Indium	Indium
50	Sn	Zinn	Étain
51	Sb	Antimon	Antimoine
52	Te	Tellur	Tellure
53	I	Jod	Iode
54	Xe	Xenon	Xénon
55	Cs	Cäsium	Césium

Z		Element	Élément
56	Ba	Barium	Baryum
57	La	Lanthan	Lanthane
58	Ce	Cer	Cérium
59	Pr	Praseodym	Praséodyme
60	Nd	Neodym	Néodyme
61	Pm	Promethium	Prométhium
62	Sm	Samarium	Samarium
63	Eu	Europium	Europium
64	Gd	Gadolinium	Gadolinium
65	Tb	Terbium	Terbium
66	Dy	Dysprosium	Dysprosium
67	Ho	Holmium	Holmium
68	Er	Erbium	Erbium
69	Tm	Thulium	Thulium
70	Yb	Ytterbium	Ytterbium
71	Lu	Lutetium	Lutécium
72	Hf	Hafnium	Hafnium
73	Ta	Tantal	Tantale
74	W	Wolfram	Tungstène
75	Re	Rhenium	Rhénium
76	Os	Osmium	Osmium
77	Ir	Iridium	Iridium
78	Pt	Platin	Platine
79	Au	Gold	Or
80	Hg	Quecksilber	Mercure
81	Tl	Thallium	Thallium
82	Pb	Blei	Plomb
83	Bi	Bismut	Bismuth
84	Po	Polonium	Polonium
85	At	Astat	Astate
86	Rn	Radon	Radon
87	Fr	Francium	Francium
88	Ra	Radium	Radium
89	Ac	Actinium	Actinium
90	Th	Thorium	Thorium
91	Pa	Protactinium	Protactinium
92	U	Uran	Uranium
93	Np	Neptunium	Neptunium
94	Pu	Plutonium	Plutonium
95	Am	Americium	Américium
96	Cm	Curium	Curium
97	Bk	Berkelium	Berkélium
98	Cf	Californium	Californium
99	Es	Einsteinium	Einsteinium
100	Fm	Fermium	Fermium
101	Md	Mendelevium	Mendélévium
102	No	Nobelium	Nobélium
103	Lr	Lawrencium	Lawrencium
104	Rf	Rutherfordium	Rutherfordium
105	Db	Dubnium	Dubnium
106	Sg	Seaborgium	Seaborgium
107	Bh	Bohrium	Bohrium
108	Hs	Hassium	Hassium
109	Mt	Meitnerium	Meitnérium