

Diplôme de Technicien Supérieur en Imagerie Médicale et Radiologie Thérapeutique

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Session 2003

————— L'utilisation de la calculatrice est autorisée —————

Le sujet comporte 8 pages dont un document réponse (pages 7 et 8) à rendre avec la copie

PHYSIQUE

PREMIÈRE PARTIE : CONTRÔLE DE CONNAISSANCES (30 points)

Les questions Q1 et Q2 doivent être traitées par les candidats

Q1 : Questionnaire à choix multiple (15 points)

Chaque question possède au moins une proposition vraie.

Compléter le document réponse en indiquant pour chacune des propositions si elle est vraie (V) ou fausse (F).

Donnée : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1) Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule $E_n = - \frac{E_0}{n^2}$ où :

- a) $E_0 = 0 \text{ eV}$
- b) $E_0 = - 16,3 \text{ eV}$
- c) $E_0 = + 13,6 \text{ eV}$
- d) $E_0 = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

2) Lorsqu'un atome d'hydrogène se trouve à l'état fondamental, l'énergie de cet atome vaut :

- a) 0 eV
- b) $- 13,6 \text{ J}$
- c) $+ 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
- d) $- 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

- 3) Un noyau ayant un trop grand nombre de neutrons par rapport au nombre de protons est susceptible d'être radioactif
- a) β^-
 - b) β^+
 - c) par capture électronique
 - d) α
- 4) Un noyau ayant un trop grand nombre de protons par rapport au nombre de neutrons est susceptible d'être radioactif
- a) β^-
 - b) β^+
 - c) par capture électronique
 - d) α
- 5) Au cours d'une transformation nucléaire de type β^- , les particules émises sont :
- a) monoénergétiques
 - b) polyénergétiques
 - c) porteuses d'une charge élémentaire positive
 - d) toujours accompagnées d'une émission γ
- 6) Les neutrinos (ou les antineutrinos) sont émis au cours des transformations
- a) β^-
 - b) β^+
 - c) capture électronique
 - d) α
- 7) L'effet « Auger » est un phénomène qui se caractérise par :
- a) des interactions au niveau du noyau de l'atome
 - b) une interaction électron-électron
 - c) l'émission d'un photon
 - d) l'émission d'un électron
- 8) La fréquence d'émission d'un laser est imposée par :
- a) la longueur de la cavité résonante
 - b) la transition atomique relative au milieu actif
 - c) l'énergie apportée au milieu actif

9) Un faisceau d'ultrasons se propageant d'un milieu (1) dans un milieu (2) est très fortement réfléchi lorsque

- a) $Z_1 = Z_2$
- b) Z_1 est très inférieur à Z_2
- c) Z_2 est très inférieur à Z_1
- d) Z_1 est très supérieur à Z_2

(Z désigne l'impédance acoustique du milieu de propagation)

10) L'impédance acoustique d'un milieu dépend de

- a) la fréquence de l'onde incidente
- b) la célérité de l'onde ultrasonore
- c) la densité du milieu de propagation

11) On superpose trois sons de 20 dB chacun. Le niveau sonore résultant est

- a) égal à 20 dB
- b) supérieur à 20 dB
- c) égal à 60 dB
- d) inférieur à 60 dB

Q2 : LE LASER (15 points)**Données :** Célérité de la lumière : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Formulaire :

surface d'une sphère de rayon r : $4 \pi r^2$ surface d'un disque de rayon r : πr^2 volume d'une sphère de rayon r : $\frac{4}{3} \pi r^3$ périmètre d'un disque de rayon r : $2 \pi r$

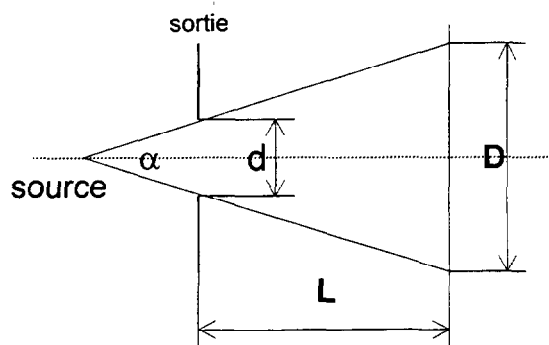
1. Expliquer, sans oublier de faire des schémas, le principe de l'émission stimulée de lumière.
2. Un laser à « argon » émet une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0,515 \mu\text{m}$ dans le vide. La puissance d'émission est $P = 250 \text{ mW}$. Le diamètre du faisceau à la sortie du laser est $d = 400 \mu\text{m}$ et son angle de divergence est $\alpha = 5,4 \text{ mrad}$.

2.1 Dans quel domaine des ondes électromagnétiques émet ce laser ?

2.2 Démontrer que le diamètre D du faisceau, à la distance $L = 40 \text{ cm}$ de la sortie, mesure $2,56 \text{ mm}$.

2.3 Calculer l'intensité (ou puissance surfacique) au niveau d'un écran placé à 40 cm de la sortie.

2.4 Calculer le nombre de photons émis par le laser pendant une durée de 10 s .



3. Décrire le principe de fonctionnement du laser hélium néon. Préciser le pompage, les radiations non radiatives, la radiation laser sur les schémas faisant apparaître les différents niveaux d'énergie. On rappelle que la transition laser s'effectue entre deux niveaux énergétiques du néon.
4. Un laser à CO_2 émet des photons de longueur d'onde $\lambda = 10,5 \mu\text{m}$ en mode pulsé. La puissance moyenne d'émission est $P = 350 \text{ W}$. Les impulsions ont une durée $\tau = 1,2 \text{ ms}$. La fréquence de ces impulsions est de 400 Hz (400 impulsions par seconde).
Calculer l'énergie émise par ce laser pendant une durée $t = 5 \text{ s}$.

DEUXIÈME PARTIE : PROBLÈMES (30 points)
--

Les trois problèmes sont indépendants et doivent être traités par le candidat

Données :

$$\text{nombre d'Avogadro } N = 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$$

$$\text{masse de l'électron } m_e = 0,000555 \text{ u} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{célérité de la lumière dans le vide, } c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{charge élémentaire, } e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{constante de Planck, } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\text{masse molaire de l'iode } 131 : 131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{masse du noyau } {}_{32}^{72}\text{Ge} = 71,922080 \text{ u}$$

Élément	Zn	Ga	Ge	As	Se	Te	I	Xe	Cs	Ba	W
Z	30	31	32	33	34	52	53	54	55	56	74

Q1 : RADIOACTIVITÉ DE L'IODE 131 (10 points)

L'iode ${}_{53}^{131}\text{I}$ (émetteur β^-) est utilisé comme traceur γ dans le corps humain. Sa période est de 8,1 jours.

Le 1^{er} mars 2002 à 12h ($t = 0$), un établissement reçoit un colis d'iode 131 d'activité $3 \cdot 10^9 \text{ Bq}$.

1. Ecrire l'équation de désintégration de l'iode 131.
2. Préciser l'origine du rayonnement γ .
3. Écrire la formule donnant l'activité $A(t)$ d'un échantillon.
4. Compléter le tableau et tracer $A(t)$ pour $0 \leq t \leq 60 \text{ jours}$ sur le document réponse.
5. En utilisant la courbe tracée en 4., déterminer la date à laquelle on observe une activité de 10^9 Bq .
6. Retrouver cette date par le calcul.
7. Calculer la masse d'iode 131 présent dans l'échantillon le 31 mars 2002 à 12h.

Q2 : ENERGIE D'UNE TRANSFORMATION NUCLEAIRE (5 points)

Un noyau ${}_Z^AX$ émet un positon d'énergie maximum $E_{\max} = 2,50 \text{ MeV}$. Le noyau fils formé ${}_{32}^{72}\text{Ge}$ émet un photon γ d'énergie 0,85 MeV.

1. Écrire l'équation de désintégration.
2. Calculer l'énergie libérée par la transformation.
3. Calculer la masse du noyau père.

Q 3 : RAYONS X (15 points)

1. Faire le schéma légendé d'un tube de Coolidge. Pourquoi l'anode est-elle généralement réalisée en tungstène (symbole chimique W) ?
 2. Un tube à rayons X fonctionne sous une tension de 250 kV. Calculer la vitesse des électrons atteignant la cible. (On admettra que ces électrons ne sont pas relativistes)
 3. Que pensez vous de la valeur trouvée en 2.
 4. On admettra que l'énergie cinétique d'un électron relativiste est donnée par la relation $E_c = m_0 \cdot c^2 \cdot (\gamma - 1)$ où $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$, $\beta = \frac{v}{c}$ et m_0 est la masse de l'électron. Calculer γ puis β et en déduire la vitesse réelle (v) de ces électrons.
 5. Calculer la longueur d'onde minimale des rayons X émis.
 6. Le rendement de ce tube est de 2%. Donner la définition du rendement.
 7. Le rendement η est donné par l'expression $\eta = K.Z.U$. Que représentent K, Z et U ?
 8. Calculer la valeur de K.
 9. Lors d'une radiographie, l'intensité du courant qui traverse le tube est 80 mA pour un temps de pose de 0,6 s.
 - 9.1) Déterminer la puissance du tube.
 - 9.2) Déterminer la puissance du faisceau X sachant que le rendement est encore de 2%.
 - 9.3) Déterminer le nombre d'électrons ayant frappé l'anode.
-

Document réponse à remettre avec la copie.**Q1 : Questionnaire à choix multiple (15 points)**

On rappelle V pour vrai, F pour faux.

		V ou F		V ou F		V ou F		V ou F	colonne réservée à la notation
1)	a)		b)		c)		d)		
2)	a)		b)		c)		d)		
3)	a)		b)		c)		d)		
4)	a)		b)		c)		d)		
5)	a)		b)		c)		d)		
6)	a)		b)		c)		d)		
7)	a)		b)		c)		d)		
8)	a)		b)		c)		d)		
9)	a)		b)		c)		d)		
10)	a)		b)		c)		d)		
11)	a)		b)		c)		d)		

Document réponse à remettre avec la copie.

Q1 : RADIOACTIVITÉ DE L'IODE 131

Compléter le tableau et tracer la courbe A(t)

t (j)	0	5	10	20	30	40	60
A ($\times 10^9$ Bq)							

