

IMRT1 : DEVOIR 3 : 1011

<i>Charge élémentaire</i>	$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
<i>Célérité de la lumière dans le vide</i>	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
<i>Constante de Planck</i>	$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
<i>Masse de l'électron :</i>	$m_e = 9,102 \times 10^{-31} \text{ kg}$
<i>Nombre d'Avogadro</i>	$N = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

QCM Compléter la grille réponse par V pour vrai et F pour faux

1. Un photon a pour longueur d'onde dans le vide 5,00 nm

- a) sa longueur d'onde vaut 5,0 Å
- b) sa fréquence vaut $6,0 \times 10^{17} \text{ Hz}$
- c) son énergie vaut 248 eV
- d) il appartient au domaine des infrarouges
- e) c'est un photon "gamma"

2. Énergie de liaison

- a) l'énergie de liaison d'un électron de la couche K est inférieure à l'énergie de liaison d'un électron de la couche L
- b) l'énergie de liaison d'un électron sur la couche K est pour tous les atomes égale à 13,6 eV
- c) l'énergie d'ionisation est l'énergie à fournir pour extraire un électron de l'atome
- d) l'énergie d'une transition électronique entre deux états excités est toujours plus faible que l'énergie d'ionisation
- e) la valeur (absolue) de l'énergie de la couche K augmente avec le numéro atomique de l'atome

3. La masse d'un électron peut s'écrire :

- a) 0,55 uma
- b) 0,00055 uma
- c) 0,511 keV
- d) $9,1 \times 10^{-34} \text{ g}$
- e) $8,18 \times 10^{-14} \text{ J.c}^{-2}$

4. La vitesse d'un électron d'énergie cinétique $E = 11,4 \text{ eV}$ vaut :

- a) $2,0 \times 10^3 \text{ km.s}^{-1}$
- b) $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- c) $2,0 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- d) $2,0 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$
- e) $1,4 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$

5. L'énergie du niveau fondamental de l'atome d'hydrogène vaut :

- a) $-1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- b) -0,136 keV
- c) $-2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$
- d) $-2,18 \times 10^{-18} \text{ eV}$
- e) -13,6 μJ

6. L'unité de masse atomique correspond à :

- a) $1,6 \times 10^{-19} \text{ kg}$
- b) $1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$
- c) $1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$
- d) $1,66 \times 10^{-21} \text{ g}$
- e) 931 MeV.c⁻²

7. L'énergie cinétique d'un électron vaut $E_C = 8,2 \times 10^{-14} \text{ J}$.

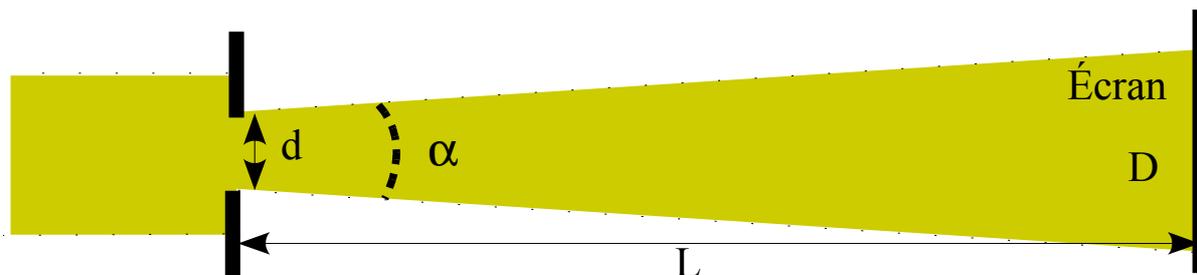
- a) Son énergie cinétique est négligeable devant son énergie de masse.
- b) Sa vitesse vaut $4,2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- c) Sa vitesse est proche de celle de la lumière.
- d) Cet électron est relativiste.
- e) Il est impossible que l'énergie cinétique de l'électron soit aussi élevée.

V ou F	1	2	3	4	5	6	7
a							
b							
c							
d							
e							

Laser à argon

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 $d = 0,40 \text{ mm}$.



1. Dans quel domaine des ondes électromagnétiques émet ce laser ?
2. L'ouverture angulaire α du faisceau à la sortie de l'appareil s'exprime en fonction du diamètre d de l'ouverture circulaire par laquelle sort le faisceau laser et de la longueur d'onde de la radiation émise par la relation :

$$\alpha = 0,61 \frac{\lambda}{d}$$

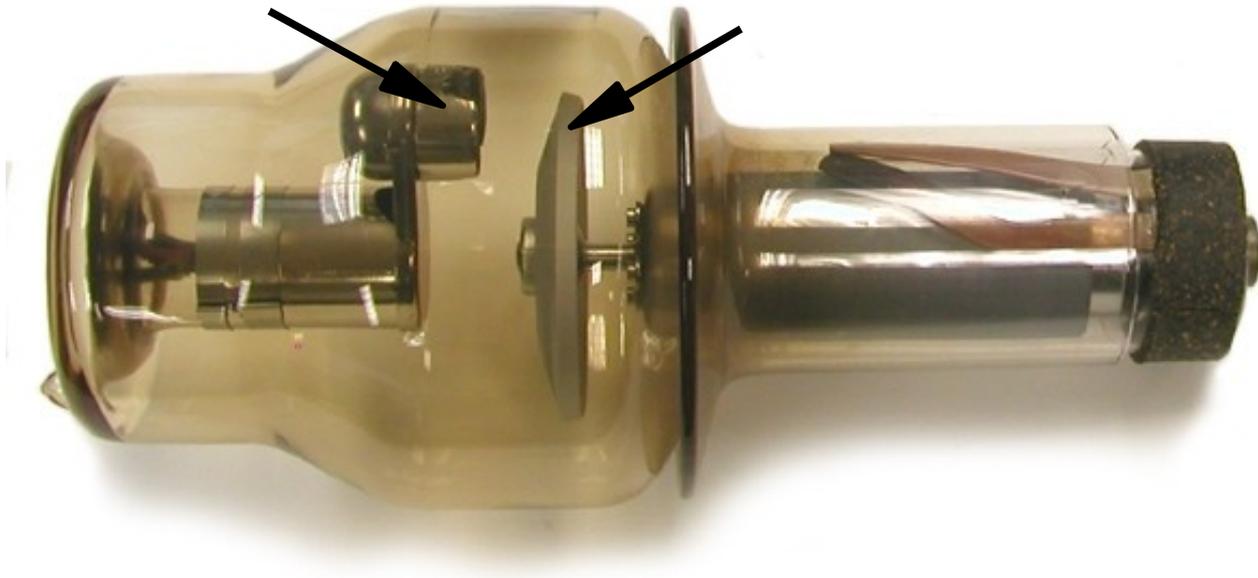
Quel phénomène physique est à l'origine de l'ouverture du faisceau ?
Calculer la valeur de l'ouverture angulaire du faisceau.

3. Calculer l'intensité I_0 (ou puissance surfacique) du faisceau à la sortie du tube.
4. Démontrer que le diamètre D du faisceau, à la distance $L = 2,00 \text{ m}$ de la sortie de l'appareil, mesure environ $2,0 \text{ mm}$.
5. Calculer l'intensité (ou puissance surfacique) au niveau d'un écran placé à $2,0 \text{ m}$ de la sortie du tube.
6. Donner l'ordre de grandeur du nombre de photons émis par le laser pendant une durée de 10 s .
7. Calculer le débit de photons émis par le laser.

PROBLÈME

Données : niveaux d'énergie du nuage électronique de l'atome de tungstène.

	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
<i>E (keV)</i>	- 69,5	≈ - 11	≈ - 2	≈ - 0,5



1. *Un tube à rayons X est constitué d'une cathode émettrice d'électrons et d'une anode en tungstène. On applique entre la cathode C et l'anode A une tension accélératrice qui peut être réglée entre 50 kV et 100 kV.*

- 1.1. Identifier sur la photo la cathode et l'anode.
- 1.2. Donner le signe de la tension U_{AC} appliquée entre les deux électrodes.
- 1.3. *Les électrons sont émis au niveau de la cathode avec une énergie cinétique d'une dizaine d'électrons-volts.*
Établir l'expression de l'énergie cinétique des électrons lorsqu'ils atteignent l'anode ; calculer celle-ci en Joule et en électron-volt pour une tension de 100 kV.
- 1.4. *Les rayons X sont émis par l'anode ;* déterminer l'énergie en joule, ainsi que la longueur d'onde des photons X les plus énergétiques émis par l'anode.
- 1.5. *On admet que l'énergie des photons les plus nombreux vaut environ les 2/3 de l'énergie maximale de ceux-ci ;* calculer en électron-volt l'énergie des photons les plus nombreux.
- 1.6. Tracer qualitativement le spectre du rayonnement émis par le tube à rayons X lorsque la tension accélératrice vaut 100 kV ; on portera en abscisse l'énergie des photons émis. On fera apparaître les raies K_{α} et K_{β} sur ce graphe après les avoir définies.

2. La puissance consommée par le tube vaut 1,50 kW. Son rendement vaut 2% lorsque la tension accélératrice vaut $U = 100$ kV.

- 2.1. Définir le courant anodique et calculer son intensité.
En déduire le nombre d'électrons se déplaçant de la cathode vers l'anode en une seconde.
- 2.2. Calculer la puissance émise par le tube sous forme de rayonnement.
- 2.3. En supposant que tous les photons émis par le tube ont une énergie moyenne de 60 keV, calculer le nombre de photons émis par le tube en une seconde.
- 2.4. Comparer les résultats de la question 2.1. et 2.3; conclure.

3. Les coefficients d'atténuations massiques, les masses volumiques, les coefficients d'atténuation linéiques et les couches de demi atténuation de l'eau, de l'aluminium, du cuivre et du plomb sont donnés dans le tableau (incomplet) suivant, pour des photons d'énergies 60 keV.

	eau	aluminium	cuivre	plomb
μ / ρ (.....)	0,21	0,278	.....	5,02
ρ (g.cm ⁻³)	.....	.....	8,92	11,3
μ (cm ⁻¹)	.....	0,751	14,2	56,7
CDA (.....)	.....	0,923	.....	.....

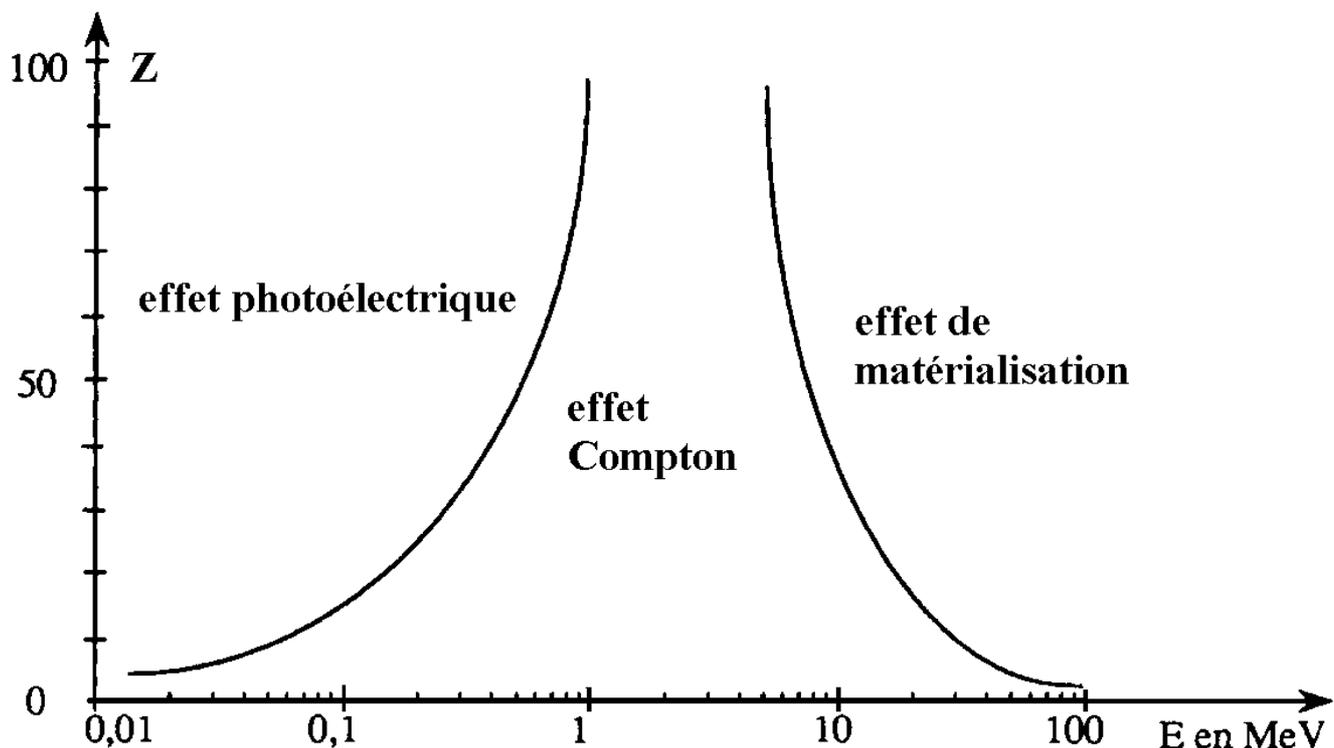
3.1. Compléter le tableau (9 réponses).

3.2. Donner la définition, établir l'expression et calculer les épaisseurs des couches de déci transmission CDT de ces quatre corps (on pourra compléter la dernière ligne du tableau)

3.3. Comparer les épaisseurs d'aluminium et de plomb nécessaires à l'atténuation de 99% d'un faisceau de photons d'énergies 60 keV.

4. On considère un flux composés de photons d'énergie 60 keV, d'intensité 0,5 W.m⁻².

4.1. En utilisant le graphique ci après, déterminer le type d'interaction que ces photons présentent avec la chair (numéro atomique moyen 8,5) et l'os (numéro atomique moyen 20)



4.2. Donner une brève description des trois types d'interactions évoquées sur le graphique

4.3.1. Le flux traverse une épaisseur de chair de 4,0 cm ; le coefficient d'atténuation linéique du muscle vaut $\mu = 0,213 \text{ cm}^{-1}$.

Calculer l'intensité du faisceau émergent.

4.3.2. Le coefficient d'atténuation linéique de l'os, pour ces mêmes photons, vaut $\mu = 0,519 \text{ cm}^{-1}$.

Calculer l'intensité du faisceau émergent lorsqu'il a traversé successivement 1,0 cm de chair, puis 2,0 cm d'os, puis à nouveau 1,0 cm de chair.

4.3.3. Conclure.