

**FACULTE DE PHARMACIE**

DATE : 9 AVRIL 2008

**COLLE DE PHYSIQUE N°3**

DUREE : 2 HEURES

NOM : .....

PRENOM : .....

NOTE : ..... / 40

**Constantes universelles de physique**

<b>Constante</b>	<b>Valeur exacte</b>	<b>Approximation</b>
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$	$c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Constante de Plank	$h = 6,626176.10^{-34} \text{ J.s}$	$h = 6,6.10^{-34} \text{ J.s}$
Charge élémentaire	$e = 1,6021892.10^{-19} \text{ C}$	$e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$
Masse au repos de l'électron	$m_e = 9,109534.10^{-31} \text{ Kg}$	$m_e = 9,11.10^{-31} \text{ Kg}$
Masse au repos du neutron	$m_n = 1,675.10^{-27} \text{ Kg}$	$m_n = 1,68.10^{-27} \text{ Kg}$
Masse au repos du proton	$m_p = 1,6726485.10^{-27} \text{ Kg}$	$m_p = 1,67.10^{-27} \text{ Kg}$
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6,022045.10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$N_A = 6,023.10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Le Rydberg	$R = 10973732 \text{ m}^{-1}$	$R = 1,097.10^7 \text{ m}^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$	$R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$
Constante de Boltzmann	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1,3805941.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1,38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = 8,85419.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$	$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi 10^{-7} c^2} = 9.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 1,3.10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$	$\mu_0 = 1,3.10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$

## I – Dimension de grandeurs (...../ 2 points) :

Donner les dimensions, en système SI, des grandeurs suivantes (justification demandée) :

1. Résistivité électrique $\rho$ :
2. Mobilité des porteurs de charges $k$ (noté aussi $\mu$ ) :
3. Coefficient d'absorption molaire $A$ :
4. Constante radioactive $\lambda$ :

## II – Les semi-conducteurs (...../ 7 points) :

La résistivité  $\rho$  d'un cristal de silicium pur est de  $2500 \Omega \cdot m^{-1}$  à  $25^\circ C$ .

Données :                    Mobilité des électrons de conduction  $k_n = 1350 \text{ cm}^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$   
Mobilité des trous positifs  $k_p = 480 \text{ cm}^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$

1. Calculer le nombre de porteurs de charges mobiles en électrons, puis en trous par  $\text{cm}^3$  à  $25^\circ C$  (1 point).

--

En première approximation, la variation de la conductivité intrinsèque avec la température  $T$  est exprimée par la loi :

$$\lambda_{\text{intrinsèque}} = A \times \exp\left(-\frac{\Delta E}{2K_B T}\right)$$

- ✓ **A est une constante.**
- ✓  **$\Delta E$  est l'énergie nécessaire à la création d'une paire de porteurs mobiles**
- ✓  **$K_B$  est la constante de Boltzmann**

2. Sachant que  $\Delta E = 1,106 \text{ eV}$ , quelle doit être la température du cristal pour que la conductivité soit multiplié par 100 ? On exprimera le résultat en K, puis en  $^\circ C$  (1 point).

--

**Dans un cristal de Silicium, on introduit du phosphore à raison de 5 atomes de Phosphore ( $Z = 15$ ) pour  $10^8$  atomes de Silicium ( $Z = 14$ ).**

3. A-t-on fabriqué un semi-conducteur intrinsèque ou un semi-conducteur extrinsèque ? Justifier votre réponse (1 point) :

4. Quel type de semi-conducteur obtient-on ? Pourquoi ? (1 point) :

5. En admettant que chaque électron excédentaire du Phosphore devient un électron de conduction, quelle est à 25 °C la conductivité électrique du silicium ainsi dopé (on négligera l'apport des atomes de Silicium par rapport aux atomes de Phosphore) (1 point).

**Données :**             $\rho(\text{Si}) = 2,32 \text{ g.cm}^{-3}$                              $M(\text{Si}) = 28,09 \text{ g.mol}^{-1}$

6. En déduire la valeur de la résistivité du silicium ainsi dopé (on négligera toujours l'apport des atomes de Silicium par rapport aux atomes de Phosphore) (1 point).

7. En ne négligeant plus l'apport des atomes de Silicium, calculer la conductivité électrique total du Silicium ainsi dopé. L'approximation réalisée lors de la question 5 est-elle justifiée ? (1 point).

### III – Courant dans les solutions électrolytiques (...../ 6 points) :

On dissout 24 g d'acide acétique (de masse molaire  $60 \text{ g.mol}^{-1}$ ) de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dans 500 mL d'eau. L'acide acétique est un acide faible. On émet l'hypothèse que cet acide faible est dissocié à  $\alpha=6\%$ .

Données :  $k^-(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4.10^{-8} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}.\text{V}^{-1}$   $K^+(\text{H}^+) = 34.10^{-8} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}.\text{V}^{-1}$

Cette solution est placée dans une cuve parallélépipédique, de surface  $S = 10 \text{ cm}^2$  et de longueur 20 cm, dans laquelle deux électrodes, situées aux extrémités de la cuve, sont mises sous une tension de 100 V.

1. Calculer la vitesse des cations et des anions (1 point).

2. Déterminer le nombre de porteurs de charges mobiles (pcm) par unité de volume (1 point).

3. En déduire la valeur du vecteur densité de courant  $j$  (1 point).

4. Calculer la conductivité de la solution  $\gamma$  (1 point).

5. En déduire la résistivité de la solution  $\rho$  (1 point).

6. Calculer la valeur du courant électrique  $i$  (1 point).

#### IV – Rayons X (...../ 6 points) :

**Un tube de rayons X à anode de molybdène fonctionne sous une tension de 45 kV**

1. Quelle est la longueur d'onde minimale  $\lambda_0$  (en nm) des rayonnements émis ? Est-ce bien un rayonnement X, sachant que qu'un rayon X a une longueur d'onde entre 0,001 nm et 10 nm ? (1 point)

2. Quelle doit être l'épaisseur  $X_{1/2}$  d'un écran en fer pour atténuer de 50% le flux de rayons X à la longueur d'onde  $\lambda_0$  ? (1 point)

**Données :**                    **Coefficient d'atténuation massique du Fer  $\mu_m(\text{Fe}) = 1,90 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$**   
**Masse volumique du Fer  $\rho_{\text{Fe}} = 7,87 \text{ kg.dm}^{-3}$**

**Une feuille de béryllium ( $\rho_{\text{Be}} = 1,85 \text{ g.cm}^{-3}$ ) de même épaisseur  $X_{1/2}$ , absorbe 1,2% du rayonnement à la même longueur d'onde  $\lambda_0$ .**

3. Quel est le coefficient d'atténuation linéaire (en  $\text{cm}^{-1}$ ) du béryllium à cette longueur d'onde ? (1 point)

4. Quel est son coefficient d'atténuation massique (en  $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ ) (1 point) ?

**Le coefficient d'atténuation massique varie selon la relation  $\mu_m = K.Z^4.\lambda^3$  où Z représente le numéro atomique et K une constante.**

5. Calculer l'épaisseur de demi-atténuation du fer à la longueur d'onde  $\lambda = 0,3 \text{ nm}$  (1 point).

6. Donner la dimension de la constante K (1 point).

## V – Radioactivité du Sodium 22 (...../ 5 points) :

Le sodium 22 est radioactif  $\beta^+$  ou CE. La proportion de noyaux de  $^{22}\text{Na}$  qui se désintègrent à la suite d'une capture électronique est de 9,74%.

Les noyaux se désintégrant par émission  $\beta^+$  suivent deux possibilités : 90,2 % passent par un état excité et 0,06% se désintègrent en passant directement à l'état stable.

Données :

$Z(\text{Na}) = 11$	$m(^{22}\text{Na}) = 21,994434 \text{ u}$
$Z(\text{Ne}) = 10$	$m(^{22}\text{Ne}) = 21,991383 \text{ u}$
$Z(\text{Mg}) = 12$	$m(^{22}\text{Mg}) = 21,996231 \text{ u}$
	$m(e^-) = 511 \text{ keV}$ .

1. Ecrire les réactions de désintégration CE et  $\beta^+$  (1 point).

2. Représenter le schéma de désintégration par émission  $\beta^+$  (1 point).

3. Calculer l'énergie libérée par la transformation d'un atome de  $^{22}\text{Na}$  en un atome fils qui se trouve à l'état fondamental (1 point).

4. Les photons  $\gamma$  issus de la désintégration ont une énergie de 0,965 MeV. Quelle est l'énergie maximale des positons (1 point) ?

5. En déduire la vitesse maximale des positons en supposant qu'ils se comportent comme des électrons relativistes (1 point).

## VI – Electron d'une couche 3D (...../ 6 points) :

1. Exprimer l'expression de la norme du moment cinétique orbital L (1 point) :

2. Indiquer les valeurs possibles des 4 nombres quantiques pour cet électron de la couche 3D (explications nécessaires) (2 points) :

3. En déduire la valeur de L et donner son unité SI (1 point) :

4. Un champ magnétique B est orienté selon l'axe Oz. Quelles sont les valeurs permises de l'angle  $\theta$  entre l'axe Oz et L. Donner ces valeurs en degrés (1 point).

5. Pour quelles valeurs de m, l'énergie magnétique est-elle nulle ? (1 point).

## VII – Réseau par réflexion (...../ 5 points) :

On considère un réseau par réflexion comportant 400 traits par millimètres.

Ce réseau est éclairé par un faisceau lumineux de lumière monochromatique  $\lambda_0 = 524$  nm sous une incidence de  $25^\circ$ .

1. Donner la relation du réseau par réflexion. Vous préciserez la signification de chaque terme (1 point).

2. Faire un schéma illustrant l'appareil en utilisant les notations de la première question (angles, l'ordre du réseau) (1 point).

3. Calculer le pas du réseau en  $\mu\text{m}$  (1 point).

4. Combien d'ordre peut-on observer dans les conditions de l'expérience (1 point) ?

5. Calculer le pouvoir dispersif pour l'ordre 1 en  $\text{min.nm}^{-1}$  (1 point).



### VIII – Transitions électroniques de l'hydrogène (...../ 3 points) :

1. Donner la relation donnant l'énergie du photon de désexcitation de l'atome d'hydrogène d'une couche m vers une couche n (1 point) :

2. Comment d'appellent les trois premières transitions d'émission de l'atome d'hydrogène et à quelle domaine du spectre des ondes électromagnétiques correspondent-elles (1 point) ?

3. Un photon de longueur d'onde  $\lambda = 102,6 \text{ nm}$  est émis. A quelle transition cela correspond-il (1 point) ?