

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université d'Alger 1 Ben Youcef BENKHEDDA
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Matière



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الجزائر 1 بن يوسف بن خدة
كلية العلوم
قسم علوم المادة

Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Matière

CONCOURS DE DOCTORAT AU TITRE DE L'ANNÉE UNIVERSITAIRE
2022/2023

Sujet 2

Partie 01 (Physique numérique) :

On considère la fonction f définie sur $[-2, 2]$, par le tableau de valeurs :

t	-2	-1	0	1	2
f(t)	2	1	0	-1	2

- 1) Déterminer le polynôme $P_2(t)$ de meilleure approximation de degré deux, aux sens des moindres carrés, de la fonction (f) pour $t \in [-2, 2]$, avec un chiffre significatif (cf) égal à 2. On prendra le même nombre de chiffres significatifs dans ce qui suit.

Rappel :
$$A = \sum_i (f_i - a_0 - a_1 t_i - a_2 t_i^2)^2$$

- 2) Déterminer une racine de $P_2(t)=0$ par la méthode de Newton en partant de $t_0=0$
- 3) On décompose la matrice A de la question 1 en : $A=D-E-F$, où D est une Matrice diagonale définie positive, E est une matrice strictement triangulaire inférieure et F est une matrice strictement triangulaire supérieure.

a- Déterminer les matrices : D, E, F

b- A est une matrice inversible décomposée en $A= M-N$ où M est inversible. Montrer qu'on peut résoudre le système $A.t=b$ sous la forme itérative définie par :

$$t^{k+1} = (M^{-1}N) t^k + M^{-1}b$$

c- Déterminer la matrice de Gauss Seidel (GS) associée à A .

- ✓ d- Déterminer le spectre (λ) puis déduire le rayon spectrale $\rho(\text{GS})$.
- ✓ e- D'après les résultats précédents, est-ce que la méthode de GS converge? justifier brièvement.

Partie 02 (Mécanique quantique):

Considérons un électron confiné dans une boîte de potentiel à une dimension de largeur $a = 2 \text{ nm}$ et définie par :

$$\begin{cases} V(x) = 0 & \text{pour } x \in [0, a] \\ V(x) = +\infty & \text{ailleurs} \end{cases}$$

- ✓ 1. En écrivant l'équation de Schrödinger indépendante du temps, trouver la fonction d'onde $\varphi_n(x)$ et l'énergie E_n de l'électron dans la boîte de potentiel.
- 2. Que peut-on dire de l'énergie de l'électron.
- 3. Tracez un schéma de l'état stationnaire $\varphi_3(x)$ puis de la densité de probabilité $|\varphi_3(x)|^2$.
- 4. Quelles sont les positions les plus probables pour trouver l'électron dans cet état ?
- 5. Si l'électron passe du niveau $n = 4$ au niveau $n = 2$, quelle est la longueur d'onde du photon émis lors de cette transition?
- 6. Quel est le nombre d'états stationnaires ayant une énergie inférieure à $E = 100 \text{ eV}$?
- 7. Trouver alors l'expression de la densité d'état $D(E) = dn(E)/dE$, définie comme étant le nombre d'états compris entre une énergie E et $E + dE$ par unité d'énergie dE .

Constantes : $\hbar = 1,054752 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

convergent $\lambda < 1$

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université d'Alger 1 Ben Youcef BENKHEDDA
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Matière



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الجزائر 1 بن يوسف بن خدة
كلية العلوم
قسم علوم المادة

Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Matière

CONCOURS DE DOCTORAT AU TITRE DE L'ANNÉE UNIVERSITAIRE 2022/2023

Sujet 01

PARTIE 1 : Physique des semi-conducteurs

1- On admettra la structure de bandes d'énergie simplifiée du semi-conducteur E_c la limite inférieure de la bande de conduction et E_v la limite supérieure de la bande de valence. La hauteur de la bande interdite donnée par $E_g = E_c - E_v$ sera considérée comme indépendante de la température. On rappelle la fonction de Fermi-Dirac : $f_n(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{E - E_F}{KT}}}$

1) Tracer l'allure de cette fonction à $T = 0^\circ K$ et $T = 300^\circ K$ en précisant la signification du niveau E_F , quel est alors l'état électrique du semi-conducteur à ces deux températures pour un matériau considéré comme étant à l'état pur (intrinsèque) ?

2) On se place dans le cadre de l'approximation de Boltzmann, qui se traduit par la forte inégalité $E - E_F \gg KT$. Les concentrations des électrons n_0 et des trous p_0 s'expriment alors au moyen des relations classiques suivantes

$$n_0 = N_c e^{-\frac{E_c - E_F}{KT}}, p_0 = N_v e^{\frac{E_v - E_F}{KT}}$$

Sachant que l'énergie des électrons dans la bande de conduction et des trous dans la bande de valence s'écrivent respectivement :

$$E = E_c + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_n^*}, E = E_v - \frac{\hbar^2 k^2}{2m_p^*}$$

a) Déterminer l'expression de la densité d'états dans la bande de conduction $D_n(E)$ et écrire sans démonstration celle dans la bande de valence $D_p(E)$.

b) Déterminer l'expression de la concentration $n(T)$ et écrire sans démonstration $p(T)$. En déduire les expressions des densités effectives d'états dans la bande de conduction N_c et dans la bande de valence N_v .

3) Déterminer l'expression de la concentration intrinsèque n_i du semi-conducteur en fonction de N_c , N_v , E_g , T , et K .

4) On considère un des matériaux semi-conducteurs usuels : le germanium ; Ge dont les paramètres caractéristiques sont : $N_c(T)(\text{cm}^{-3}) = 1.94 \times 10^{15} T^{3/2}$ et $N_v(T)(\text{cm}^{-3}) = 1.15 \times 10^{15} T^{3/2}$ et $E_g(\text{eV}) = 0.67$.

Calculer les valeurs numériques des concentrations intrinsèques n_i aux trois températures 240 K, 300 K et 500 K pour ce matériau.

On donne : $K\beta = 1,38 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$, $\int_0^\infty x^2 e^{-x} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$, $e = 1,6 \cdot 10^{19} \text{C}$

$$r_{\text{Re}} = 1,4 \text{ \AA} \\ r_{\text{O}} = 0,7 \text{ \AA}$$

$$a = 3,75 \text{ \AA}$$

PARTIE II : Physique de Solide

$$M_{\text{Re}} = 186,2 \text{ g/mol} \quad M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$$

I. L'oxyde de rhénium ReO_3 a une structure cristalline décrite par un réseau cubique d'arête a , avec un motif constitué d'un atome de rhénium (Re) en $(0,0,0)$ et de trois atomes d'oxygène (O) en $(1/2,0,0)$, $(0,1/2,0)$, $(0,0,1/2)$.

- 1) Représenter la maille conventionnelle de ce composé. En prenant comme référence un atome rhénium (Re), déterminer le nombre de premiers proches voisins, leurs natures ainsi que leurs distances.
- 2) Calculer la masse volumique ρ de ce composé et sa compacité, en supposant le modèle des sphères dures.
- 3) Déterminer l'expression du facteur de structure F_{hkl} de ce composé en fonction des facteurs de diffusion atomique respectivement du rhénium et de l'oxygène, f_{Re} et f_{O} . Y a-t-il des extinctions ?
- 4) On remplace les facteurs de diffusion du rhénium (Re) et de l'oxygène (O) par un facteur de diffusion f commun. Etablir la nouvelle expression de F_{hkl} . Donner F_{hkl} selon les règles de sélection des indices (hkl) .

II. Le bromure de césium CsBr est un sel qui cristallise selon la structure de type CsCl . Les ions Cs^+ occupent les sommets du cube et l'ion Br^- occupe le centre du cube. Le paramètre de maille de cette structure est obtenue expérimentalement. Sa valeur est $a = 4,29 \text{ \AA}$.

- 1) En prenant comme référence l'ion Cs^+ , déterminer le nombre Z de ses premiers proches voisins, et leur distance r_0 .
- 2) L'expression de l'énergie totale de cette molécule ionique est : $E = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} + \frac{C}{r^n}$. Quelle est la signification physique des deux termes contribuant dans cette expression.
- 3) La formation du cristal résulte de l'assemblage d'un grand nombre de molécules identiques. L'énergie de cohésion du cristal est alors : $U = N_A \left[-\frac{\alpha q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} + \frac{ZC}{r^n} \right]$, où N_A est le nombre d'Avogadro, α la constante de Madelung, Z le nombre des premiers plus proches voisins et C une constante. Déterminer à l'équilibre :
 - a) L'expression de la constante C à l'équilibre.
 - b) L'énergie de cohésion à l'équilibre.
 - c) En déduire l'énergie de cohésion par molécule en prenant $n = 10$, donner le résultat en (eV).
- 4) En prenant en considération l'influence de l'entourage sur l'ion de référence, une correction, d , est introduite dans l'expression de la distance entre premiers plus proches voisins définie par 1 est donnée par $r_0 = (r_+) + (r_-) + d$, avec r_+ et r_- sont les rayons ioniques du cation et de l'anion respectivement. Calculer le nouveau paramètre de maille, a , à partir des rayons ioniques et la correction apportée.

Données : Rayons ioniques : $r_+ = 1,67 \text{ \AA}$, et $r_- = 1,95 \text{ \AA}$; $d = 0,08 \text{ \AA}$; $\alpha = 1,7627$

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ atome/mole ; $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$



Concours de doctorat de troisième Cycle (2022/2023)

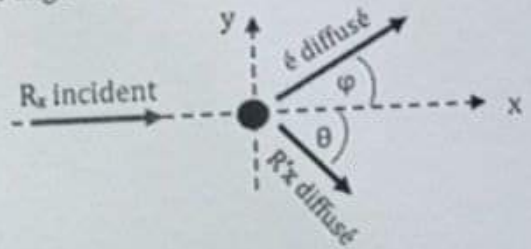
Filière : Physique

Epreuve de spécialité : Physique des Rayonnements

« Sujet 02 »

1^{ère} Partie : Interaction rayonnement-matière (10 Pts)

Question 1 : Un rayon X (R_X) incident suivant l'axe OX, de fréquence ν et de longueur d'onde λ , subit une diffusion de Compton avec un électron au repos d'énergie $E_0 = m_0 c^2$. Soit θ l'angle de diffusion du rayon par rapport à sa direction d'incidence, et φ l'angle de diffusion de l'électron par rapport à la direction d'incidence. On constate que la longueur d'onde λ' du rayon diffusé est supérieure à celle du rayon incident, et que cette longueur d'onde est fonction de l'angle θ . La diffusion se fait sur le plan XOY.



- Expliquer pourquoi $\lambda' > \lambda$.
- Ecrire les lois de la conservation de cette interaction.
- Montrer que : $\lambda' - \lambda = \lambda_C (1 - \cos\theta)$. Identifier λ_C .

Question 2 : Sachant que la perte d'énergie totale $(\frac{dE}{dx})_{tot}$ subie par un électron en traversant la matière est donnée par la relation suivante :

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{tot} = \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{ion} + \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{brem}$$

- Commentez chaque terme
 - Si l'électron incident a une énergie de 100MeV et traverse une paroi en aluminium ($Z=13, A=27$). Que devient l'expression de la perte d'énergie totale ? Exprimez-la en fonction de la longueur de radiation X_0 .
 - Déduire l'énergie de l'électron après avoir traversé la paroi en aluminium d'une épaisseur de 1 cm.
- On donne : $X_0 \approx 170 \frac{A}{Z^2} \text{ g/cm}^2, \rho_{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$.

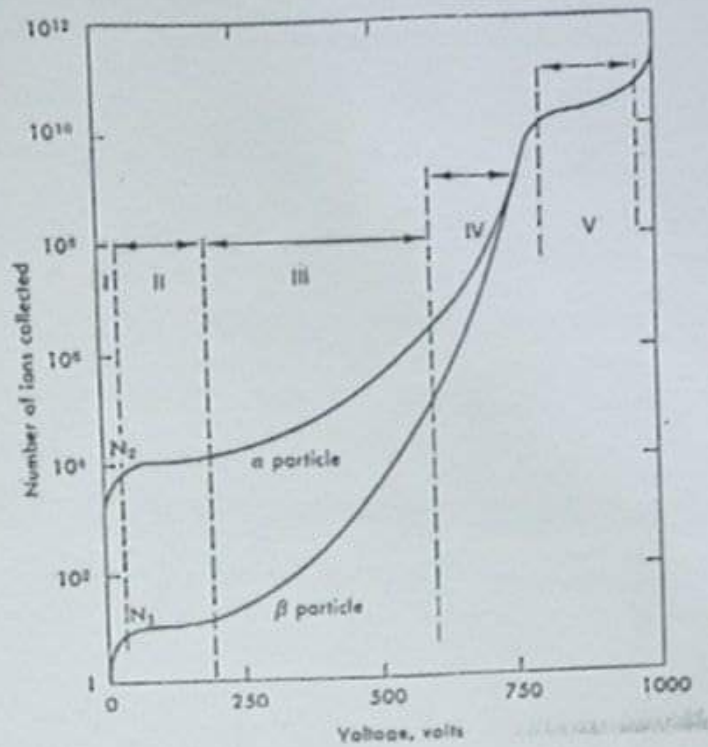
Question 3 : Un faisceau monochromatique de rayon X traverse un écran (une plaque) d'aluminium d'épaisseur $x=5\text{mm}$ et de coefficient d'atténuation linéique $\mu = 0,7 \text{ mm}^{-1}$ pour ce rayonnement. On donne $\rho_{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$.

- Calculer le coefficient d'atténuation massique μ_m de cette plaque pour ce rayonnement.
- Calculer la fraction des rayons absorbés.

Question 4 : Le coefficient d'atténuation massique du plomb pour les rayons X d'énergie 17,4 keV est de $122,8 \text{ cm}^2/\text{g}$. Quelle épaisseur du plomb doit-on utiliser pour réaliser un blindage arrêtant les 9999/10000 des rayons émis ? On donne : $\rho_{Pb} = 11,3 \text{ g/cm}^3$.

2^{ème} partie : Instrumentation et détecteurs (10 points)

Question 1 : Sur la caractéristique du détecteur à gaz, identifiez les différents régimes de fonctionnement de ce détecteur où V est la différence de potentiel appliquée entre l'anode et la cathode.

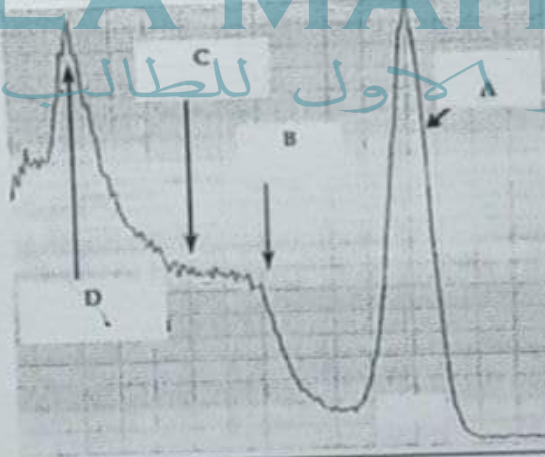


✗ **Question 2 :** On donne une partie du spectre d'une source à ^{137}Cs (662keV) obtenu à l'aide d'un détecteur à scintillation. A partir du spectre :

- Identifier les différentes parties de ce spectre
- Donner l'origine physique de chaque partie, en donnant les valeurs des énergies de A et B.

SAHLA MAHLA

المصدر الأول للطالب الجزائري



✓ **Question 3 :** L'énergie nécessaire pour créer une paire de particules chargées dans le gaz d'Argon est $W = 26,4$ eV/paire. On donne la valeur du facteur Fano $F = 0,17$ pour l'Argon.

- Trouvez la moyenne et l'écart type attendu du nombre de paires d'ions formées après l'absorption d'une énergie d'une particule incidente d'une énergie de 1 MeV.
- Que signifie le facteur de Fano?

Question 4 : Une particule α d'énergie 7,45 MeV émise par le Polonium 211 arrive dans une chambre d'ionisation remplie d'air. Sachant qu'en moyenne l'énergie perdue par une particule α pour produire une paire d'ions dans l'air est de 35 eV. Déterminer la charge électrique totale, de chacun des deux types de particules, collectée dans cette chambre d'ionisation ainsi que le courant moyen en ampères sachant que l'activité de la source de ^{211}Po est de 3,7 MBq.