

## PHYSIQUE DU SOLIDE ET NANOSCIENCES

### Epreuve de type QCM.

*Veillez ne pas répondre sur le sujet, mais sur la feuille de réponse prévue à cet effet.*

*Le QCM comprend 20 questions avec une seule bonne réponse par question.*

*Chaque bonne réponse vaut 1 point, chaque mauvaise réponse vaut -0.3 point.*

Q1. Qu'est-ce que le dopage d'un semiconducteur ?

1. La transformation d'un conducteur en isolant
2. Un traitement chimique permettant d'accroître la pureté d'un semiconducteur
3. L'effet de la température sur un semiconducteur
4. L'ajout d'impuretés pour augmenter la conductivité

Q2. Dans une cellule solaire, l'absorption de lumière donne lieu à la création de paires électrons-trous. Celles-ci se déplacent sous l'effet du champ électrique intrinsèque de la jonction PN, cela crée :

1. Une différence de potentiel électrique
2. Un refroidissement de la jonction
3. Une émission de photon
4. Une dégradation de la cellule solaire

Q3. Quelle est l'unité de la résistivité ?

1. Ohm
2. Ohm mètre
3. Ohm par mètre
4. Ohm par mètre carré

Q4. Comment s'écrit la loi d'Ohm locale ?

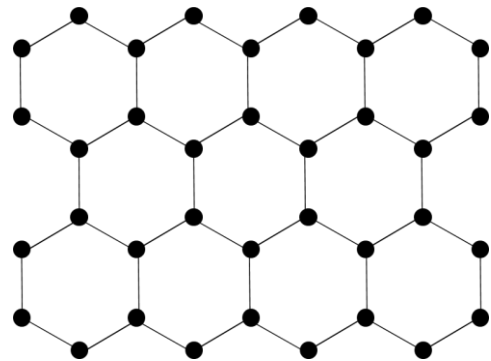
1. Densité de courant = conductivité X champ électrique
2. Champ électrique = tension X distance
3. Résistivité = résistance X champ électrique
4. Courant = tension X conductivité

Q5. Dans le modèle de Drude, que représente le temps de relaxation  $\tau$  ?

1. Le temps caractéristique de retour à l'équilibre d'un électron
2. Le temps que met un électron à parcourir un mètre
3. Le temps moyen entre deux collisions que subit un électron
4. Le temps caractéristique d'accélération d'un électron soumis à un champ électrique

Q6. Quelle est la forme de la maille élémentaire de la structure nid d'abeille ci-dessous ?

1. triangle
2. carré
3. losange
4. cercle

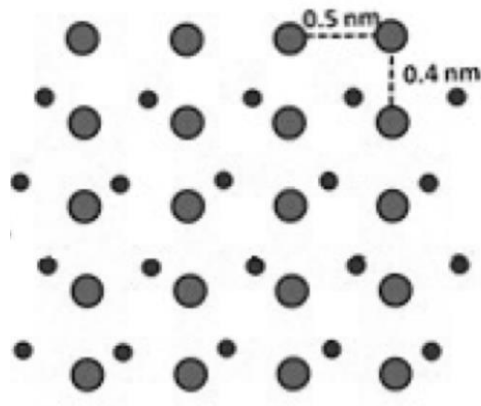


Q7. On continue à étudier la structure nid d'abeille. Combien y a-t-il d'atomes dans le motif ?

5. 1 atome
6. 2 atomes
7. 3 atomes
8. 6 atomes

Q8. Dans le cristal bidimensionnel schématisé ci-dessous, combien y a-t-il d'atomes par maille élémentaire ?

1. 1 atome
2. 2 atomes
3. 3 atomes
4. 4 atomes



Q9. La configuration électronique de l'aluminium est  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ . Combien y a-t-il d'électrons de valence ?

1. 1 électron
2. 2 électrons
3. 3 électrons
4. 4 électrons

Q10. Combien de valeurs peut prendre le spin de l'électron ?

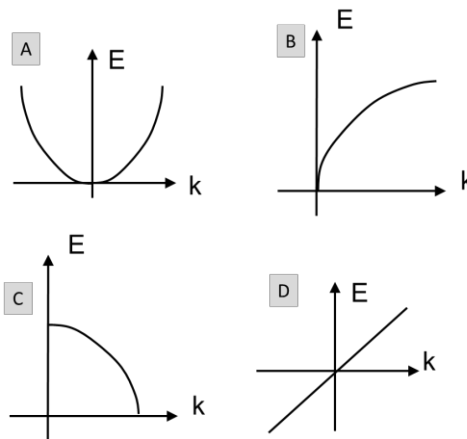
1. 1 valeur
2. 2 valeurs
3. 3 valeurs
4. 4 valeurs

Q11. Soit deux électrons dans l'état quantique indiqué, quel cas est interdit par le principe de Pauli ?

1.  $(E1, k1, \text{up})$  et  $(E2, k1, \text{up})$
2.  $(E1, k1, \text{up})$  et  $(E1, k1, \text{down})$
3.  $(E1, k1, \text{up})$  et  $(E2, k2, \text{down})$
4.  $(E1, k1, \text{up})$  et  $(E1, k1, \text{up})$

Q12. A quoi ressemble la relation de dispersion de l'électron libre, parmi les graphes ci-dessous ?

1. **A**
2. B
3. C
4. D



Q13. Comment exprime-t-on les conditions aux limites de Born Von Karman d'un solide de côté L ?

1.  $\Psi(x = L) = 0$
2.  **$\Psi(x + L) = \Psi(x)$**
3.  $\Psi(x = 0) = L$
4.  $\Psi(x = 0) = 0$

Q14. Pourquoi en Physique du Solide préfère-t-on utiliser en général les conditions aux limites de BVK plutôt que les conditions d'annulation sur les bords ?

1. Pour pouvoir déterminer les constantes d'intégration
2. Pour bien prendre en compte les effets de réflexion à la surface
3. **Pour négliger les effets de bords et obtenir plus facilement le résultat correspondant au volume**
4. Pour distinguer les solutions correspondant à des ondes planes de sens opposé

Q15. D'un point de vue physique, pourquoi y a-t-il quantification (ou discrétisation) des énergies accessibles pour l'électron dans un solide ?

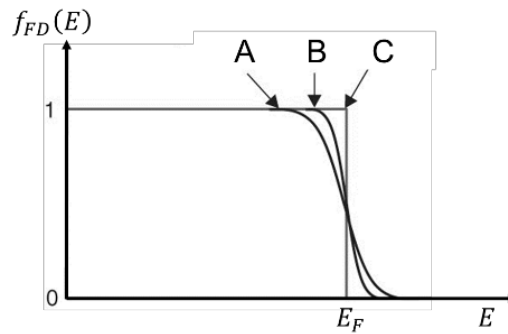
5. Parce qu'on est dans l'approximation des électrons libres
6. Parce que l'électron a un spin
7. Parce que l'électron est immobile
8. **Parce que l'électron est confiné dans le solide**

Q16. Qu'est-ce que l'énergie de Fermi ?

1. L'énergie minimale d'un électron dans un solide à température nulle
2. L'énergie moyenne d'un électron dans un solide à température nulle
3. L'écart d'énergie entre l'énergie moyenne et l'énergie maximale à température nulle
4. **L'énergie maximale d'un électron dans un solide à température nulle**

Q17. La distribution de Fermi est indiquée ci-dessous. Mettre les 3 courbes A, B et C dans l'ordre des températures croissantes.

1. A,B,C
2. B,C,A
3. C,B,A
4. A,C,B



Q18. Dans le problème d'un gaz bidimensionnel d'électrons libres, comment s'écrit l'équation de Schrödinger d'un électron ? On pose  $\phi(x, y) = \varphi_x(x)\varphi_y(y)$ .

1.  $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \varphi_x \varphi_y}{\partial x \partial y} = E \varphi_x \varphi_y$
2.  $-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \varphi_x}{\partial x^2} \varphi_y + \frac{\partial^2 \varphi_y}{\partial y^2} \varphi_x \right) = E \varphi_x \varphi_y$
3.  $-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \varphi_x}{\partial x^2} \varphi_y + \frac{\partial^2 \varphi_y}{\partial y^2} \varphi_x \right) = E(\varphi_x + \varphi_y)$
4.  $-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \varphi_y + \frac{\partial \varphi_y}{\partial y} \varphi_x \right) = E \varphi_x \varphi_y$

Q19. Quelle est l'expression de la fonction d'onde de Bloch, dans les notations usuelles ?

1.  $\psi_k(\vec{r}) = e^{ikr}$  avec  $e^{ikr}$  un facteur de phase
2.  $\psi_k(\vec{r}) = \hbar k$  avec  $\hbar$  la constante de Planck réduite
3.  $\psi_k(\vec{r}) = e^{ikr} u_k(\vec{r})$  avec  $u_k(\vec{r})$  une fonction périodique ayant la périodicité du réseau
4.  $\psi_k(\vec{r}) = Ae^{ikr} + Be^{-ikr}$  avec A et B des nombres complexes

Q20. Le schéma ci-dessous présente 3 structures de bandes correspondant à 3 types de composés différents, lesquels ?

- |                 |                  |                  |
|-----------------|------------------|------------------|
| 1. A= Métal     | B=Semiconducteur | C=Isolant        |
| 2. A=Métal      | B=Isolant        | C=Conducteur     |
| 3. A=Isolant    | B=Conducteur     | C=Metal          |
| 4. A=Conducteur | B=Metal          | C=Semiconducteur |

