

Introduction à la physique moderne

PréIng 2 filière MI — CC 2 du jeudi 30 mai 2024

Durée : 1h30' (2h en cas de tiers-temps)

Première sortie définitive autorisée : après 40 minutes d'épreuve.

Sont interdits :

- les documents ;
- tous les objets électroniques de même que les montres connectées ;
- les déplacements et les échanges.

Consignes :

1. vérifier que ce document comporte 8 pages et un total de 19 questions ;
2. remplir le cartouche (nom, prénom et groupe) de la page 5 dès le début officiel de l'épreuve ;
3. seules les pages 5 à 8 doivent être rendues
4. pour les questions à choix multiples :
 - (a) il n'y a pas de point négatif pour une réponse incorrecte ;
 - (b) celles admettant plusieurs réponses sont suivies du symbole \boxtimes ;
 - (c) y répondre dans la grille dédiée à la page 6 ;
 - (d) colorier **complètement** et au **stylo noir** la case correspondant à une bonne réponse ;
 - (e) une case simplement cochée ne sera pas comptabilisée ;
5. pour les questions ouvertes :
 - (a) celles-ci sont suivies du symbole \Leftrightarrow ;
 - (b) y répondre dans le cartouche dédié à la suite de la grille de réponse ;
 - (c) si nécessaire, utiliser la feuille supplémentaire en indiquant pour quelle question elle a été utilisée ;
 - (d) le cas échéant, vos réponses doivent être justifiées.

Une attention particulière sera portée à la rigueur des raisonnements ainsi qu'à la qualité et au soin de la rédaction.

Le barème est donné à titre indicatif et est susceptible de modification.

Questions générales (6 points)

On note c la vitesse de la lumière dans le vide.

Question 1 — L'équation de SCHRÖDINGER décrit l'évolution de la fonction d'onde :

- A de la lumière dans le vide uniquement
- B de toutes les particules matérielles tant que leur vitesse ne dépasse pas c
- C de toutes les particules matérielles et de la lumière dans le vide
- D de toutes les particules matérielles tant que leur vitesse est très petite devant c
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 2 — Lequel de ces phénomènes (ou systèmes) peut s'expliquer sans faire appel à la physique quantique ?

- A l'interférence de neutrons
- B les spectres de raies
- C le laser
- D le radar
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 3 — Quelle branche de la physique n'a aucune application dans la vie quotidienne ?

- A la physique quantique
- B l'électromagnétisme
- C la relativité générale
- D la relativité restreinte
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 4 — Si un électron et un proton ont la même longueur d'onde de DE BROGLIE, alors les deux particules ont la même :

- A fréquence
- B énergie cinétique
- C quantité de mouvement
- D vitesse
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 5 — ✎ La constante de PLANCK a la dimension physique

- A d'une densité d'énergie
- B d'une énergie
- C d'un moment cinétique
- D d'une action
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 6 — Dans un problème à une dimension d'espace, la dimension physique d'une fonction d'onde est :

- A $ML^{-3/2}T^{-1}$
- B $ML^{-1/2}T^{-2}$
- C $L^{-3/2}$
- D $L^{-1/2}$
- E Aucune des propositions précédentes n'est correcte.

Question 7 — ☞ Rappeler l'équation de SCHRÖDINGER à 3 dimensions d'espace.

Puits de potentiel de profondeur infinie (8 points)

On considère une particule de masse m et d'énergie $E > 0$ dans un puits de potentiel de profondeur infinie :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \in [0; L] \\ \infty & \text{sinon} \end{cases} \quad (1)$$

avec $L > 0$ la largeur de ce puits. On notera $k^2 = 2mE/\hbar^2$.

Question 8 — À l'extérieur du puits, la partie spatiale de la fonction d'onde, solution générale de l'équation de SCHRÖDINGER indépendante du temps, est :

- A $\phi_1 = \alpha_1 \exp [ikx] + \beta_1 \exp [-ikx]$ D $\phi_1 = (\alpha_1 x + \beta_1) \{ \exp [ikx] + \exp [-ikx] \}$
 B $\phi_1 = \alpha_1 \exp [kx] + \beta_1 \exp [kx]$ E Aucune des propositions précédentes
 C $\phi_1 = 0$ car la particule ne peut pas être n'est correcte.
à l'extérieur du puits

où α_1 et β_1 sont des constantes non nulles.

Question 9 — À l'intérieur du puits, la partie spatiale de la fonction d'onde, solution générale de l'équation de SCHRÖDINGER indépendante du temps, est :

- A $\phi_2 = (\alpha_2 x + \beta_2) \{ \exp [ikx] + \exp [-ikx] \}$ D $\phi_2 = \alpha_2 \exp [ikx] + \beta_2 \exp [-ikx]$
 B $\phi_2 = 0$ car la particule ne peut pas être n'est correcte.
à l'intérieur du puits E Aucune des propositions précédentes
 C $\phi_2 = \alpha_2 \exp [kx] + \beta_2 \exp [kx]$

où α_2 et β_2 sont des constantes non nulles.

Question 10 — ✎ Pour être solution physique, il faut que les fonctions d'onde $\phi_{1/2}$ et leur dérivée $\phi'_{1/2}$ respectent les conditions :

- A $\phi_{1/2}(0) = \phi_{1/2}(L) = C$ avec $C \neq 0$
 B $\phi'_{1/2}$ est discontinue aux bords du puits
 C $\phi'_{1/2}(0) = \phi'_{1/2}(L) = C'$ avec $C' \neq 0$
 D $\phi'_{1/2}(0) = \phi'_{1/2}(L) = 0$
 E $\phi_{1/2}(0) = \phi_{1/2}(L) = 0$

Question 11 — On note à présent $\psi = \phi_2$ la solution de l'équation de SCHRÖDINGER indépendante du temps pour $x \in [0; L]$. Les conditions aux bords impliquent que $\psi_n(x) = A \sin [k_n x]$ avec

- A $k_n = 2n\pi/L$ et $n \in \mathbb{N}^*$ D $k_n = n\pi/L$ et $n \in \mathbb{N}$
 B $k_n = 2n\pi/L$ et $n \in \mathbb{N}$ E Aucune des propositions précédentes
 C $k_n = n\pi/L$ et $n \in \mathbb{N}^*$ n'est correcte.

Question 12 — L'interprétation de BORN de la fonction d'onde entraîne

- A $A = \sqrt{2/L}$ D $A = \sqrt{L/2}$
 B $A = 2/L$ E Aucune des propositions précédentes
 C $A = 1$ n'est correcte.

Question 13 — ⇔ Déterminer les niveaux d'énergie E_n de la particule considérée.

Question 14 — ⇔ Donner l'expression de l'état fondamental (état de plus basse énergie) $\Psi(x, t)$ de la particule.

Puits de potentiel de profondeur finie (5 points)

On considère une particule de masse m et d'énergie $E < 0$ (dans tout le problème) dans un

puits de potentiel de profondeur finie :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < -a/2 \quad (\text{région 1}) \\ -V_0 & \text{si } x \in [-a/2; a/2] \quad (\text{région 2}) \\ 0 & \text{si } x > a/2 \quad (\text{région 3}) \end{cases} \quad (2)$$

avec $V_0 > 0$ et $a > 0$ la largeur de ce puits.

Question 15 — \Leftrightarrow Si $E < 0$, quelle différence existe-t-il entre une particule classique et une particule quantique ?

Question 16 — Dans les régions 1 et 3, l'équation de SCHRÖDINGER indépendante du temps est :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> A $-\frac{\hbar^2}{2m}\psi''(x) - (V_0 - E)\psi(x) = 0$ | <input type="checkbox"/> D $-\frac{\hbar^2}{2m}\psi''(x) - E\psi(x) = 0$ |
| <input type="checkbox"/> B $-\frac{\hbar^2}{2m}\psi''(x) + (V_0 - E)\psi(x) = 0$ | <input type="checkbox"/> E Aucune des propositions précédentes n'est correcte. |
| <input type="checkbox"/> C $-\frac{\hbar^2}{2m}\psi''(x) + (E - V_0)\psi(x) = 0$ | |

Question 17 — Dans la région 2, l'équation de SCHRÖDINGER indépendante du temps est

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\psi''(x) + K^2\psi(x) = 0, \quad (3)$$

où

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> A $K^2 = 2m(E - V_0)/\hbar^2$ | <input type="checkbox"/> D $K^2 = 2m(V_0 - E)/\hbar^2$ |
| <input type="checkbox"/> B $K^2 = 2m(E + V_0)/\hbar^2$ | <input type="checkbox"/> E Aucune des propositions précédentes n'est correcte. |
| <input type="checkbox"/> C $K^2 = 2mV_0/\hbar^2$ | |

Question 18 — Dans la région 2, la solution générale ψ_2 de l'équation (3) est :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> A $\psi_2 = (\alpha x + \beta) \{ \exp[iKx] + \exp[-iKx] \}$ | <input type="checkbox"/> D $\psi_2 = \alpha \exp[iKx] + \beta \exp[-iKx]$ |
| <input type="checkbox"/> B $\psi_2 = 0$ car la particule ne peut pas être dans cette région. | <input type="checkbox"/> E Aucune des propositions précédentes n'est correcte. |
| <input type="checkbox"/> C $\psi_2 = \alpha \exp[Kx] + \beta \exp[-Kx]$ | |

où α et β sont des constantes non nulles.

Question 19 — Pour être solution physique, il faut que la fonction d'onde et sa dérivée respectent les conditions :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> A ψ_2 est continue en $\pm a/2$ et $\psi_2'(\pm a/2) = 0$ | <input type="checkbox"/> C $\psi_2(\pm a/2) = 0$ et $\psi_2'(\pm a/2) = 0$ |
| <input type="checkbox"/> B $\psi_2(\pm a/2) = 0$ et ψ_2' est continue en $\pm a/2$ | <input type="checkbox"/> D ψ_2 et ψ_2' sont continues en $\pm a/2$ |
| | <input type="checkbox"/> E Aucune des propositions précédentes n'est correcte. |



Introduction à la physique moderne

PréIng 2 filière MI — CC 2 du jeudi 30 mai 2024

NOM :

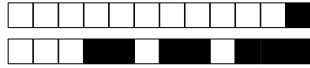
Prénom :

Groupe :

CODAGE DU N°ÉTUDIANT (colorier complètement les cases)

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

→
SENS DE REMPLISSAGE



- Question 1 A B C D E
- Question 2 A B C D E
- Question 3 A B C D E
- Question 4 A B C D E
- Question 5 A B C D E
- Question 6 A B C D E
- Question 8 A B C D E
- Question 9 A B C D E

- Question 10 A B C D E
- Question 11 A B C D E
- Question 12 A B C D E
- Question 16 A B C D E
- Question 17 A B C D E
- Question 18 A B C D E
- Question 19 A B C D E

Question 7

s .5 .5 1 Réservé à l'enseignant



Question 13

i1 .5 1 Réservé à l'enseignant

Question 14

i2 .5 .5 1 Réservé à l'enseignant



+1/8/53+

Question 15

c1 .5 .5 Réservé à l'enseignant