

Présentation pédagogique

Le cours est découpé en trois blocs thématiques permettant un apprentissage progressif de la physique quantique, en partant des notions connues de physique des ondes et de mécanique, pour aller progressivement vers la notion de fonction d'onde, l'équation de Schrödinger et sa résolution dans des cas simples, puis l'exploration des postulats de la physique quantique en notation de Dirac. Une dernière partie porte sur les systèmes à deux états et leur application à l'information quantique, le semestre se terminant par une RP numérique sur un vrai ordinateur quantique.

Prérequis

Mathématiques :

- **Analyse** : continuité, dérivation, intégration, développements limités, représentation graphique d'une fonction réelle, trigonométrie, fonctions logarithme et exponentielle, nombres complexes (formule d'Euler, module et argument, conjugaison, représentation géométrique dans le plan complexe), équations différentielles du premier et du second ordre à coefficients constant, fonction de plusieurs variables et dérivées partielles.
- **Algèbre linéaire** : espaces et sous-espaces vectoriels, produit scalaire, orthogonalité et norme, base orthonormée, opérateur linéaire, matrices (construction, déterminant, trace, inverse, matrices semblables, polynôme caractéristique, valeurs propres et vecteurs propres, matrices diagonales).
- **Combinatoire et probabilités** : combinatoire, tirage et événements, probabilité d'un événement, addition ou multiplication des probabilités, arbre des probabilités, valeur moyenne et écart-type.

Physique :

- **Physique des ondes** : différentes équations d'onde, longueur d'onde et période, vecteur d'onde et fréquence, relation de dispersion, ondes progressive et stationnaire, onde plane, vitesse de phase et vitesse de groupe, interférences et diffraction, corde vibrante, coefficients de réflexion et de transmission.
- **Mécanique classique** : principe fondamental de la dynamique, énergies cinétique et potentielle, conservation de l'énergie mécanique, théorème du moment cinétique, oscillateur harmonique classique (système masse-ressort, circuit LC, pendule simple...), modes propres d'oscillation.
- **Électrostatique** : moments dipolaires électrostatique et magnétostatique, lien avec l'énergie potentielle, précession d'un moment dipolaire magnétique dans un champ magnétique.

Acquis attendus à l'issue de l'UE

Les étudiants devront maîtriser les points suivants :

- Compréhension de ce qui distingue la physique quantique des autres domaines de la physique
- Dualité onde-corpuscule pour la lumière : photon, probabilité de traversée et de détection
- Dualité onde-corpuscule pour la matière : onde de de Broglie, fonction d'onde, interprétation probabiliste de Born
- Savoir résoudre l'équation de Schrödinger : puits et barrières de potentiel, états de diffusion et états liés, quantification, paquet d'onde, coefficients de réflexion et de transmission
- Notation de Dirac : kets, bras, observables, mesure quantique, lien avec les fonctions d'onde
- Hamiltonien, évolution, commutateurs, ECO et relations d'indétermination de Heisenberg
- Oscillateur harmonique quantique : méthode algébrique, opérateurs de création et d'annihilation
- Systèmes à deux états : expérience de Stern et Gerlach, spin 1/2, sphère de Bloch, couplage et évolution dans un champ magnétique
- Information quantique : qubit, porte logique et circuit quantique, produit tensoriel d'états, états séparables et

états intriqués

Ouvrages de référence

Mécanique Quantique, Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard (Ecole Polytechnique Eds, mai 2002).

Introduction à la physique quantique, Charles Antoine (Dunod, mai 2022).

Mécanique quantique, Christophe Texier (Dunod, janvier 2015).

Introduction à la physique moderne : relativité et physique quantique, Claude Fabre, Charles Antoine et Nicolas Treps (Dunod, mars 2015).

Informations pratiques

Proposée aux étudiants présents et distanciels de Sorbonne Université, cette UE utilise intensivement la plateforme d'enseignement Moodle.

Crédits

6 ECTS

Période d'enseignement :

1^{er} semestre de L3 (S5)

Enseignement à distance :

Oui

Enseignement en présentiel :

Oui

Volume horaire : 60h

CM : 14 x 2h

TD : 12 x 2h

TP : 2 x 4h

HPP : 2 x 2h

Travail personnel de l'étudiant : 8h par semaine

Contact

Charles Antoine

Thibaut Jacquemin