

Physique quantique et statistique

Titulaire

Jean-Marc SPARENBERG (Coordonnateur)

Mnémonique du cours

PHYS-H200

Crédits ECTS

5 crédits

Langue(s) d'enseignement

Français

Période du cours

Deuxième quadrimestre

Campus

Solbosch

Contenu du cours

Concepts fondamentaux de physique quantique: Particules et forces. Dualité onde-particule. Équations d'ondes relativistes et non relativistes. Équation de Schrödinger à une et trois dimensions. Postulats et interprétation (relations d'incertitude, chat de Schrödinger). Moment cinétique orbital. Atome d'hydrogène. Systèmes de particules. Principe d'exclusion de Pauli. Spin. Structure des atomes. Molécules et solides. Noyaux. Interaction lumière-matière, transitions électromagnétiques et spectre.

Concepts fondamentaux de physique statistique: Entropie. Ensemble canonique. Distribution de Boltzmann et de Maxwell. Statistiques de Fermi-Dirac et de Bose-Einstein (condensation de Bose-Einstein). Distribution de Planck.

Applications technologiques: laser, réseau de diffraction, polariseur, informatique quantique, semiconducteurs, supraconducteurs, superfluides, magnétisme, microscope à effet tunnel, production d'énergie nucléaire par fission et fusion (aspects éthiques, impact sur la transition énergétique et la durabilité).

Objectifs (et/ou acquis d'apprentissages spécifiques)

Comprendre les concepts fondamentaux des physiques quantique et statistique et savoir les mettre en œuvre pour la modélisation de systèmes physiques simples. En physique quantique, modéliser des atomes, des molécules, des noyaux à l'aide de l'équation de Schrödinger; en physique statistique, modéliser des gaz de photons, d'électrons, d'atomes, de molécules, de fermions, de bosons, à toute température, à l'aide des distributions statistiques appropriées.

Résoudre mathématiquement (analytiquement, graphiquement, voire numériquement) les modèles ainsi établis dans les cas les plus simples.

Situer les origines des physiques quantique et statistique dans l'histoire des sciences.

Connaitre les principales applications technologiques actuelles (lasers, spectroscopie, semiconducteurs, centrales nucléaires, accélérateurs...), réfléchir à leurs enjeux éthiques et à leur impact sur la transition énergétique.

Pré-requis et co-requis

Cours pré-requis

PHYS-H1002 | Physique générale II | 5 crédits

Cours co-requis

MATH-H1001 | Eléments d'algèbre et d'analyse | 5 crédits, MATH-H1002 | Analyse I | 5 crédits et MATH-H2000 | Analyse II | 8 crédits

Cours ayant celui-ci comme pré-requis

CHIM-H310 | Chimie physique moléculaire | 5 crédits, CHIM-H316 | Matériaux et chimie inorganique : mise en oeuvre et analyse | 10 crédits, PHYS-H300 | Physique des semi-conducteurs et de l'état solide | 5 crédits et PHYS-H301 | Mécanique quantique I | 5 crédits

Méthodes d'enseignement et activités d'apprentissages

Cours ex cathedra + exercices sur papier

Contribution au profil d'enseignement

Les principales compétences développées par ce cours sont la maîtrise et la mobilisation du corpus scientifique se rapportant à la description du monde microscopique (physique quantique) et du monde macroscopique en termes de constituants microscopiques (physique statistique). Sur base de ce corpus, l'étudiant-e est amené-e à élaborer un raisonnement scientifique structuré pour modéliser des situations schématiques, en tenant compte des ordres de grandeur et en dégagant les paramètres dominants, puis à résoudre les équations du modèle ainsi établi, analytiquement et/ou numériquement, en vue de permettre une comparaison avec une réalité expérimentale.

Ce cours engage par ailleurs l'étudiant-e dans une démarche réflexive sur l'édifice scientifique, la physique quantique étant une discipline jeune, encore inachevée par plusieurs aspects. En particulier, sont soulignées les différences entre les faits démontrés expérimentalement, les théorèmes démontrés mathématiquement, les postulats adoptés pour l'accord entre leurs prédictions et les résultats expérimentaux, et les croyances

qui peuvent guider l'intuition en recherche mais qui nécessitent confrontation à l'expérience afin d'être validées.

Enfin, ce cours abordant les bases physiques et les ordres de grandeur de technologies à fort contenu éthique et de transition énergétique (laser, fusion et fission nucléaires...), il est l'occasion d'amener l'étudiant-e à se questionner sur ses propres valeurs et sur la manière de les articuler avec une carrière technique.

Références, bibliographie et lectures recommandées

J.-L. Basdevant et J. Dalibard, Mécanique Quantique (Éditions de l'École Polytechnique, 2005)

J.-L. Basdevant and J. Dalibard, Quantum Mechanics (Springer, 2005)

M. Kumar, Quantum: Einstein, Bohr and the Great Debate About the Nature of Reality (Icon Books, 2009)

M. Kumar, Le grand roman de la physique quantique (Lattès, 2011)

F. S. Crawford Jr., Ondes, Berkeley: cours de physique, volume 3 (Armand Colin, 1972)

F. S. Crawford Jr., Waves, Berkeley Physics Course, volume 3 (McGraw-Hill, 1965)

E. H. Wichmann, Physique quantique, Berkeley: cours de physique, volume 4 (Armand Colin, 1974)

E. H. Wichmann, Quantum Physics, Berkeley Physics Course, volume 4 (McGraw-Hill, 1967)

F. Schwabl, Quantum Mechanics (Springer, 2009)

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu et F. Laloë, Mécanique quantique I et II (Hermann, 1977)

B. H. Bransden and C. J. Joachain, Introduction to Quantum Mechanics (Longman, 1989)

F. Reif, Physique statistique, Berkeley: cours de physique, volume 5 (Armand Colin, 1972)

F. Reif, Statistical Physics, Berkeley Physics Course, volume 5 (McGraw-Hill, 1967)

B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer et B. Roulet, Éléments de Physique Statistique (Hermann, 1997)

Support(s) de cours

Podcast, Syllabus et Université virtuelle

Autres renseignements

Lieu(x) d'enseignement

Solbosch

Contact(s)

jmspar@ulb.ac.be

Méthode(s) d'évaluation

Autre, Examen écrit et Examen oral

Examen écrit

Question ouverte à réponse courte et Question ouverte à développement long

Examen oral

Question ouverte à réponse courte

Examen avec préparation

Construction de la note (en ce compris, la pondération des notes partielles)

examen écrit (théorique et pratique): 70%

examen oral (théorique et pratique): 30%

Langue(s) d'évaluation principale(s)

Français

Programmes

Programmes proposant ce cours à l'école polytechnique de Bruxelles

BA-IRCI | Bachelier en sciences de l'ingénieur, orientation ingénieur civil | option Bruxelles/bloc 2

