

INTRODUCTION A LA PHYSIQUE QUANTIQUE

(30h cours + 15h tutorats)

Objectifs: la physique quantique s'est développée dans la première moitié du 20^{ème} siècle pour rendre compte des phénomènes physique à l'échelle atomique et subatomique. Aujourd'hui les concepts associés sont utilisés de manière quotidienne par de nombreux physiciens et chimistes, qui sans être des spécialistes de physique quantique doivent en maîtriser quelques ingrédients de base: espace des états, niveaux d'énergie, transition entre états... L'objectif de ce cours est de donner une première vision de ces ingrédients essentiels sans rentrer dans un formalisme spécialisé, les éléments de spécialisation étant ensuite introduits dans les cours "atomes et molécules", "matière condensée", physique des particules".

Outre ses applications spécifiques, la physique quantique est l'occasion d'une première approche de méthodes souvent originaires d'autres domaines: équations aux valeurs propres, perturbations, méthodes variationnelles. On essaiera donc de faire ressortir le caractère général de ces approches, qui seront utiles en physique des milieux continus, physique statistique..

Introduction: limites de la physique classique, expériences fondatrices de la physique quantique

-*Exemples des limites de la physique classique:* stabilité et spectre d'émission/absorption des atomes, chaleur spécifique des solides, spectre du corps noir.

-*Expériences historiques:* Effet photoélectrique. Expérience de Frank et Hertz. Interférences d'ondes de matière. Diffraction des électrons

-*Premiers éléments de résolution:* Atome de Bohr. Relation de de Broglie.

Ondes de matière et équation de Schrödinger

-*Représentation d'une particule par une onde:* Postulats généraux. Position et impulsion, relation de Heisenberg. Relation de dispersion et équation de Schrödinger. Paquets d'ondes.

-*Particule dans un potentiel:* Equation de Schrödinger en présence d'un potentiel scalaire. Propriétés. Equation indépendante du temps, fonctions propres, spectre d'énergie.

-*Exemples:* Puits et barrières. Oscillateur harmonique à une dimension.

Formalisme général

-*Espace des états:* Définition de l'espace des états (sur l'exemple des fonctions d'onde) Interprétation probabiliste et mesure. Opérateurs, Hamiltonien et équation de Schrödinger.

-*Commutation entre opérateurs:* opérateur position et impulsion. Propriétés générales liées à la commutation. Retour sur l'oscillateur harmonique.

Systèmes à deux états et spin 1/2:

définition et exemples: la molécule NH_3 . Oscillations de Rabi, Maser.

Spin 1/2: Expérience de Stern et Gerlach. Existence du spin 1/2. Espace des états d'une particule de spin 1/2. Spin 1/2 en champ magnétique, effet Zeeman et résonance magnétique.

Méthodes d'approximation

-*Méthode des perturbations stationnaires*: formulation générale (premier ordre et second ordre). Exemples.

-*Méthode variationnelle*

Atome d'hydrogène et moment cinétique orbital

Formulation du problème. Etude de l'opérateur $\mathbf{L}$. Spectre de l'atome d'hydrogène.

Evolution en présence d'une perturbation dépendant du temps

Formulation du problème. Approche perturbative. Règle d'or de Fermi. Cas d'un atome excité, approximation dipolaire électrique et règles de sélection.

Indiscernabilité des particules, bosons et fermions

Opérateur de permutation. Principe de Pauli, bosons et fermions. Interaction d'échange entre fermions.

Ouvrages recommandés

Au niveau de ce cours:

J-L. Basdevant et J. Dalibard: *Mécanique quantique*; (Editions de l'école polytechnique): **SERA UTILISE COMME "LIVRE DE COURS". IL EST NECESSAIRE D'EN AVOIR 1 PAR BINOME**

R. P. Feynman Cours de physique, Mécanique Quantique
Cours de physique de Berkeley

J-M. Lévy-Leblond et F. Balibar, *Quantique*

Plus avancés:

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloé, *Mécanique Quantique* (Hermann)

A. Messiah, *Mécanique Quantique* (Dunod)

Tutorats

Les tutorats sont un enseignement de 1h par petits groupes (6 à 8 étudiants) avec un enseignant. Les exercices (pris dans les fascicules distribués) et/ou parties de livre qui seront abordés en tutorat seront définis au cours précédent. Il est **nécessaire** d'avoir préparé ces exercices, **de préférence en binômes ou en groupe**, avant la séance de tutorat. **Chaque étudiant doit remettre à l'enseignant une copie (non notée) des exercices préparés au moment du tutorat.** L'enseignant ne corrige pas en détail les exercices au tableau, mais explique les questions sur lesquelles vous avez rencontré des difficultés. **La présence au tutorat est obligatoire.**

Contrôle des connaissances

1 de 2h en cours de trimestre, comptant pour 1/3 de la note finale. Examen en Janvier.

Equipe enseignante

Cours: Jean-Louis Barrat, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, barrat@lpmcn.univ-lyon1.fr

Tutorats: Michel Farizon, Institut de Physique Nucléaire de Lyon, m.farizon@ipnl.in2p3.fr ; Peter Holdsworth, Laboratoire de Physique de l'ENS, peter.holdsworth@ens-lyon.fr ; David Amans, laboratoire de physico-chimie des matériaux luminescents, david.amans@yahoo.fr Patrick Rigord, Laboratoire de Physique de l'ENS, patrick.rigord@ens-lyon.fr; Henning Samtleben, Laboratoire de Physique de l'ENS, henning.samtleben@desy.de.

Travaux dirigés de soutien: Christophe Adessi, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, christophe.adessi@lpmcn.univ-lyon1.fr