Université de Sherbrooke
Faculté des sciences
Département de physique

PLAN DE COURS
Trimestre d'automne 2023

MÉCANIQUE QUANTIQUE 1
(PHQ 334)

COURS

Titre :	Mécanique quantique 1	Sigle : PHQ 334
Crédits :	3	Session : 3
Travaux dirigés :	1 heure/semaine	Travail personnel : 5 heures / semaine

PROFESSEUR

Nom :	René Côté (Professeur titulaire)
Bureau :	D2-1120 (département de physique)
Téléphone :	819-821-8000, poste 62049
Site WWW :	Site Moodle du cours
Courrier électronique :	Rene.Cote@USherbrooke.ca
Horaire de disponibilité :	À déterminer au début du cours
Chargé d'exercices :	Olivier Trépanier (Olivier.Trepanier@USherbrooke.ca) bureau D9-2019

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME

Type de cours :	obligatoire
Cours préalables :	MAT 192 et PHQ 134 et PHQ 210 ou PHQ 214

MISE EN CONTEXTE DU COURS

C'est au début du 20e siècle, alors que certains scientifiques pensaient avoir atteint une compréhension totale de la nature, que commencent à apparaître un ensemble de résultats expérimentaux qui viennent ébranler la belle cohérence des lois de la physique classique. En effet, jusqu'à cette période, les théories classiques comme la mécanique et l'électromagnétisme expliquaient très bien bon nombre de phénomènes physiques. La première mise en échec de la théorie classique est venue avec la théorie de la relativité d'Einstein. Ensuite, une série d'expériences sur les atomes et le noyau atomique ont mis en lumière l'incapacité des théories classiques à rendre compte des phénomènes se produisant à cette échelle microscopique.

Le passage des concepts de la mécanique classique à ceux de la mécanique quantique a été effectué dans le cours PHQ 134 : Relativité et physique moderne. Le présent cours présentera le formalisme mathématique de la mécanique quantique en faisant le pont entre la notion de fonction d'onde et celle, plus abstraite d'état quantique décrit par la notation de Dirac. Nous étudierons les postulats de la mécanique quantique et verront comment, avec l'aide de la notation de Dirac, nous pouvons prédire, de façon statistique, les résultats d'une mesure sur tout système quantique.

Nous appliquerons le formalisme mathématique et conceptuel de la mécanique quantique à l'étude de quelques systèmes simples pour lesquels il est possible d'obtenir une solution analytique de l'équation de Schrödinger soit les systèmes à deux niveaux, l'oscillateur harmonique, et les potentiels carrés en une dimension.

DESCRIPTIF

Objectifs : Savoir résoudre l'équation de Schrödinger pour des potentiels simples à une dimension. Maîtriser le formalisme mathématique ainsi que l'application des postulats de la mécanique quantique.

Contenu : Formalisme mathématique de Dirac de la mécanique quantique. Postulats de la mécanique quantique. Applications du formalisme à des cas simples : systèmes à deux niveaux, oscillateur harmonique, potentiels carrés en une dimension.

CONTENU DÉTAILLÉ

1. Brève révision des concepts de base de la mécanique quantique vus en PHQ 134 : quanta, dualité onde-corpuscule, fonction d'onde et interprétation de Born. Équation de Schrödinger.
2. Formalisme mathématique de la mécanique quantique : espace des fonctions d'onde, espace des états et notation de Dirac, représentations dans l'espace des états et changements de représentation, observables et problème aux valeurs propres, les représentations **r** et **p**. Produit tensoriel d'espaces des états.
3. Les postulats de la mécanique quantique et leur interprétation physique sur les observables et leur mesure. Contenu physique de l'équation de Schrödinger. Principe de superposition et prévisions physiques. Résolution de l'équation de Schrödinger pour des potentiels carrés en une dimension. Calcul des coefficients de réflexion et de transmission d'une barrière de potentiel, effet tunnel.
4. Application des postulats aux systèmes à deux niveaux et au spin ½.
5. Application des postulats à l'étude de l'oscillateur harmonique en une dimension.

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

Le cours consiste en exposés magistraux dans lesquels nous faisons une grande place aux questions des étudiants, à la résolution de problèmes et aux illustrations de la théorie par des démonstrations physiques ou par des vidéos. Une période de 50 minutes par semaine est consacrée à la correction des devoirs et/ou à la résolution de problèmes (cette heure est donnée par le chargé d'exercices).

ÉVALUATION

Moyens d'évaluation	• 10 à 12 problèmes répartis tout au long de la session. • 1 examen intra • 1 examen final
Types de question	• Problèmes à résoudre • Questions de compréhension
Pondération	• Devoirs : 30% • Intra : 30% • Final : 40%

- Les problèmes peuvent être faits individuellement ou en équipe de 2 ou 3 personnes (maximum). Une seule copie par équipe doit être remise pour la correction. Les devoirs doivent être remis sur Moodle.
- Critères d'évaluation : les devoirs consisteront en problèmes à résoudre et visant à mesurer votre capacité à utiliser la matière vue en cours pour la résolution de problèmes concrets. Les examens contiendront également des questions à développement pour permettre de vérifier votre compréhension des concepts de la théorie quantique. Les examens des années passées sont disponibles sur le site Moodle du cours.

BIBLIOGRAPHIE

Les deux volumes de C. Cohen-Tannoudji, Bernard Diu et Franck Laloë sont une référence standard pour l'étude de la mécanique quantique. Nous utiliserons le premier volume dans ce cours, le deuxième sera utilisé dans les deux autres cours de mécanique quantique du baccalauréat. Je vous suggère fortement de vous procurer au moins le premier volume.

- C. Cohen-Tannoudji, Bernard Diu et Franck Laloë, **Mécanique quantique**, Éditeur: Hermann, 1973. [QC 174.12 C63 1973 T.1 S]

Des notes de cours pour certaines sections seront mises à votre disposition sur le site Moodle du cours au courant de la session.

D'autres références utiles :

- R.M. Eisberg et R. Resnick, **Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles**, John Wiley & Sons, New York, 1974. QC 174.12 E38 1985 S]
- D. J. Griffiths, **Introduction to Quantum mechanics**, Prentice Hall, 1995.

- Ouvrages de réflexion sur l'interprétation de la théorie quantique :

  - J. Baggott, **The meaning of quantum theory**, Oxford University Press, 1993. [QC 174.12 B34 1993 S].
  - G. Greenstein and A. G. Zajonc, **The quantum challenge**, Modern research on the foundations of quantum mechanics, Jones and Bartlett publishers, 1997.