



**Université de Sherbrooke**  
**Faculté des sciences**  
**Département de physique**

**PLAN DE COURS**  
Trimestre d'automne 2018

# **RELATIVITÉ ET PHYSIQUE MODERNE**

## **(PHQ 134)**

### **COURS**

Titre : Relativité et physique moderne      Sigle : PHQ 134  
Crédits : 3      Session : 1  
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 : <https://www.usherbrooke.ca/moodle2-cours>  
Courriel: [Rene.Cote@USherbrooke.ca](mailto:Rene.Cote@USherbrooke.ca)  
Horaire de disponibilité: À déterminer au début du cours  
Chargé d'exercices : Simon Bertrand (bureau : D2-2052)

### **PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME**

Type de cours : obligatoire  
Cours préalables : aucun

Ce cours est également obligatoire en session 3 dans le programme de baccalauréat en enseignement au secondaire (BES), profil Sciences et technologies, option physique.

## MISE EN CONTEXTE DU COURS

C'est au début du 20<sup>e</sup> 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, la thermodynamique, 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 et ont conduit à la création de la mécanique quantique. Les théories de la relativité (restreinte et générale) ainsi que la mécanique quantique sont les piliers de ce qu'on appelle la « physique moderne ». Ces théories ont conduit à une véritable révolution dans notre façon de concevoir le monde physique.

Dans le cours de Physique moderne (PHQ 134), nous analyserons les expériences célèbres qui ont permis de remettre en question la physique classique et nous montrerons comment elles nous ont conduits à introduire une nouvelle conception de l'espace et du temps (relativité) et une nouvelle description du mouvement à l'échelle atomique (mécanique quantique) qui ne fait plus appel à un déterminisme strict mais plutôt à une description statistique. Nous montrerons comment la mécanique quantique permet de décrire les propriétés de l'atome et du noyau atomique et comment elle permet de donner une description unifiée de l'ensemble des particules subatomiques.

Nous introduirons dans ce cours le formalisme mathématique approprié à chacune des deux théories (relativité et mécanique quantique) soit une description covariante des équations de la mécanique et de la dynamique relativistes et une description basée sur la fonction d'onde et l'équation de Schrödinger pour les phénomènes à l'échelle atomique.

## DESCRIPTIF OFFICIEL

**PHQ 134**

**3 cr.**

### **Relativité et physique moderne (3-1-5)**

#### **Cible(s) de formation**

Se familiariser avec la théorie de la relativité restreinte ainsi qu'avec les phénomènes physiques ayant suscité la révolution quantique.

#### **Contenu**

Théorie de la relativité restreinte. Bases expérimentales de la physique quantique. Structure de l'atome. Propriétés du noyau atomique. Propriétés ondulatoires de la matière. Interprétation probabiliste de Born. Principe d'indétermination d'Heisenberg. Équation de Schrödinger. Introduction à la physique des particules élémentaires.

## ORGANISATION DE LA MATIÈRE

Le contenu détaillé du cours est le suivant :

- 1. Théorie de la relativité restreinte**
  - a. Expérience de Michelson-Morley
  - b. Postulats d'Einstein

- c. Transformations de Lorentz
- d. Dilatation du temps et contraction des longueurs
- e. Formulation covariante de la mécanique et de la dynamique relativistes

## **2. Quantification du rayonnement électromagnétique**

- a. Découverte des rayons X et de l'électron
- b. Détermination de la charge de l'électron
- c. Effet photoélectrique
- d. Effet Compton
- e. Radiation de freinage

## **3. La structure de l'atome**

- a. Spectres atomiques
- b. Expérience de Franck et Hertz
- c. Expérience de diffusion de Rutherford
- d. Modèles atomiques de Thomson et de Rutherford
- e. Modèle atomique de Bohr
- f. Spectres caractéristiques en rayons X et numéro atomique

## **4. Propriétés ondulatoires de la matière**

- a. Hypothèse de de Broglie
- b. Diffusion électronique : expérience de Davisson et Germer
- c. Dualité onde-corpuscule
- d. La fonction d'onde et son interprétation
- e. Principe d'indétermination d'Heisenberg
- f. Équation de Schrödinger
- g. Résolution de l'équation de Schrödinger pour les potentiels carrés (réflexion et transmission, effet tunnel, niveaux d'énergie quantifiée)

## **5. Introduction à la physique nucléaire**

- a. La découverte du neutron
- b. Propriétés nucléaires (taille et forme des noyaux, spin, moment magnétique intrinsèque)
- c. Forces nucléaires
- d. Désintégrations alpha, bêta et gamma
- e. Nucléides radioactifs : datation basée sur la radioactivité

## **6. Introduction à la physique des particules élémentaires (si le temps le permet)**

- a. Premières découvertes : le positon et le méson de Yukawa
- b. Les interactions fondamentales
- c. Quarks
- d. La classification des particules élémentaires
- e. Lois de conservation et symétries

## 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 des vidéos. Une heure 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 problèmes répartis sur la session</li> <li>• 1 examen intra</li> <li>• 1 examen final</li> </ul>
Types de question	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problèmes à résoudre</li> <li>• Questions de compréhension</li> </ul>
Pondération	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problèmes : 30%</li> <li>• Intra : 30%</li> <li>• Final : 40%</li> </ul>

- Les problèmes peuvent être faits individuellement ou en équipe de 2 personnes (maximum). Une seule copie par équipe doit être remise pour la correction. 10 problèmes seront corrigés et compteront dans la note finale.
- Pénalité pour retard : à moins d'une entente préalable avec moi, la pénalité est de 10% pour le premier jour et de 20% additionnel pour le second jour. Aucun devoir n'est accepté plus de deux jours après la date de remise et en aucun cas après sa correction en classe.
- Calcul de la cote finale : la note sur 100 est reportée sur 4.3 pour l'attribution des cotes. Dans ce cours la cote D valant 1 sur 4.3 correspond à environ 40% et le A+ (valant 4.3 sur 4.3) à 80%. La note sur 4.3 est donc obtenue par la formule d'interpolation linéaire  $x = ((\text{note sur } 100 - 40) * 3.15 / 40) + 1$ . Pour la cote :
  - $x < 1 = E$ ,
  - $1 < x < 1.15 = D$
  - $1.15 < x < 1.5 = D+$
  - $1.5 < x < 1.85 = C-$
  - $1.85 < x < 2.15 = C$
  - $2.15 < x < 2.5 = C+$
  - $2.5 < x < 2.85 = B-$
  - $2.85 < x < 3.15 = B$
  - $3.15 < x < 3.5 = B+$
  - $3.5 < x < 3.85 = A-$
  - $3.85 < x < 4.15 = A$
  - $x > 4.15 = A+$

Ce tableau est donné à titre indicatif seulement. Les bornes minimale et maximale pour le calcul de  $x$  varient selon la moyenne du groupe.

Selon la Faculté, la moyenne d'un groupe-cours de plus de 21 étudiants en session I ou II devrait se situer autour de 2.30 sur 4.3.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Il est impératif de vous procurer la référence suivante (disponible à la librairie du campus) que nous suivrons de très près :

Auteurs : Thornton et Rex  
Titre : Physique moderne  
Éditeur : de Boeck  
ISBN : 978-2-8041-5963-0  
Coût : environ 110\$

Les diapositives présentées en classe seront accessibles sur le site Moodle du cours.